

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年10月31日

出願番号 Application Number: 特願2002-319006

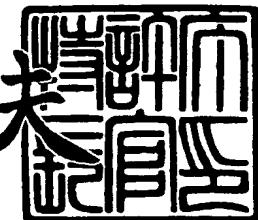
[ST. 10/C]: [JP2002-319006]

出願人 Applicant(s): インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

2003年 9月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP9020196

【提出日】 平成14年10月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 12/00

G06F 9/45

G06F 15/16

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー  
ー・エム株式会社 東京基礎研究所内

【氏名】 河内谷 清久仁

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー  
ー・エム株式会社 東京基礎研究所内

【氏名】 古関 聰

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー  
ー・エム株式会社 東京基礎研究所内

【氏名】 小野寺 民也

【特許出願人】

【識別番号】 390009531

【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレ  
ーション

【代理人】

【識別番号】 100086243

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 博

## 【代理人】

【識別番号】 100091568

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 市位 嘉宏

## 【代理人】

【識別番号】 100108501

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 上野 剛史

## 【復代理人】

【識別番号】 100104156

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 龍華 明裕

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053394

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0207860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 排他制御装置、排他制御方法、プログラム、及び記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置であって、

前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第 1 の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、

前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第 1 の処理より処理時間が短い第 2 の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情報処理部と

を備えることを特徴とする排他制御装置。

【請求項 2】 前記優先情報処理部が前記競合資源の獲得を試みている旨を示す優先排他権情報を格納する優先排他権格納領域と、

前記複数の非優先情報処理部のうち何れが、前記非優先排他権を獲得しているかを識別する非優先排他権情報を格納する非優先排他権格納領域とを更に備え、

前記非優先情報処理部のそれぞれは、前記第 1 の処理として、他の前記非優先情報処理部と排他的に、前記非優先排他権情報が既に格納されていない場合において当該非優先情報処理部が前記予約排他権を獲得していることを示す前記非優先排他権情報を格納し、

前記優先情報処理部は、前記第 2 の処理として、前記優先排他権情報を格納した後に前記非優先排他権格納領域を読み出し、前記非優先排他権情報が既に格納されている場合において前記競合資源を獲得せず、前記非優先排他権情報が格納されていない場合において前記競合資源を獲得することを特徴とする請求項 1 記載の排他制御装置。

【請求項 3】 前記非優先排他権格納領域は、前記複数の情報処理部のうち何れが前記優先情報処理部かを示す優先情報処理部情報と、前記非優先排他権情報との何れか一方を格納し、

前記非優先排他権格納領域が前記非優先排他権情報及び前記優先情報処理部情

報の何れを格納するかを示す情報を格納する領域利用種別格納領域を更に備え、

前記非優先排他権格納領域が前記非優先排他権情報を格納する場合に、前記優先情報処理部及び前記複数の非優先情報処理部のそれぞれは、前記第1の処理により前記非優先排他権を獲得し、前記非優先排他権を獲得した場合に、前記競合資源を獲得することを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

【請求項4】 前記第2の処理において、前記非優先排他権情報が既に格納されると判断された場合に、当該優先情報処理部を非優先情報処理部に変更する優先情報処理部変更部を更に備えることを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

【請求項5】 前記第1の処理又は前記第2の処理により前記競合資源の獲得が失敗したか否かを判断する獲得可否判断部と、

前記競合資源の獲得が失敗したと判断された場合に、当該競合資源の獲得を待機する全ての前記情報処理部を予め記録し、前記競合資源を解放した情報処理部が、当該競合資源の獲得を待機する情報処理部に、前記競合資源を解放した旨を通知するモニター方式により排他制御を行うモニター制御部とを更に備えることを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

【請求項6】 何れの前記情報処理部が、前記優先情報処理部かを示す優先情報処理部情報を格納する優先情報処理部情報格納領域と、

複数の前記情報処理部の何れかに、他の前記情報処理部と排他的に、前記優先情報処理部情報が既に格納されていない場合において当該情報処理部が前記優先情報処理部である旨を示す前記優先情報処理部情報を格納する処理を行わせる優先情報処理部設定部とを備えることを特徴とする請求項1記載の排他制御装置。

【請求項7】 前記競合資源を初めて獲得した前記情報処理部を、前記優先情報処理部に設定し、当該優先情報処理部を除く他の前記情報処理部を前記非優先情報処理部と設定する優先情報処理部設定部とを更に備えることを特徴とする請求項1記載の排他制御装置。

【請求項8】 前記非優先情報処理部の何れかを、前記優先情報処理部に変更する優先情報処理部変更部を更に備えることを特徴とする請求項1記載の排他

制御装置。

【請求項 9】 全ての前記複数の情報処理部を停止させる全停止部を更に備え、

前記優先情報処理部変更部は、停止された時点で前記競合資源を獲得している前記非優先情報処理部を、前記優先情報処理部に変更することを特徴とする請求項8記載の排他制御装置。

【請求項 10】 前記複数の情報処理部のいずれかにより前記競合資源が獲得されているか否かを示す資源情報を、前記優先情報処理部が存在する旨を示す優先権情報に対応付けて格納する資源情報格納領域を更に備え、

前記優先情報処理部は、前記第2の処理として、前記資源情報格納領域から情報を読み出す処理と、前記優先権情報が格納されている場合に前記資源情報を前記資源情報格納領域に書き込む処理を行い、

前記非優先情報処理部のそれぞれは、

前記優先情報処理部を停止させる優先情報処理部停止部と、

前記優先情報処理部を停止させた場合に、前記第1の処理により他の情報処理部とは排他的に、前記優先権情報を前記資源情報格納領域から取り除く優先権除去部と、

停止させた前記優先情報処理部が、前記第2の処理を実行中であるか否かを判断する過渡状態判断部と、

前記第2の処理を実行中と判断された場合に、前記優先情報処理部の実行状態を、当該第2の処理により前記競合資源を獲得しない状態に設定する実行状態設定部と

を有することを特徴とする請求項1記載の排他制御装置。

【請求項 11】 前記実行状態設定部は、前記優先情報処理部を実現するプログラムの実行位置を示す実行位置情報を、前記資源情報格納領域を読み出す前の状態に設定することにより前記実行状態を設定することを特徴とする請求項10記載の排他制御装置。

【請求項 12】 前記実行状態設定部は、前記第2の処理における前記資源情報格納領域への書き込み処理を無効化することを特徴とする請求項10記載の

排他制御装置。

【請求項13】 前記資源情報格納領域に前記優先情報処理部が存在しない旨の情報が格納された場合に、

当該競合資源の獲得を待機する全ての前記情報処理部を予め記録し、前記競合資源を解放した情報処理部が、当該競合資源の獲得を待機する情報処理部に、前記競合資源を解放した旨を通知するモニター方式により排他制御を行うモニター制御部を備えることを特徴とする請求項10記載の排他制御装置。

【請求項14】 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御装置であって、

第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知部と、

前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部とを備えることを特徴とする排他制御装置。

【請求項15】 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御方法であって、

前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理段階と、

前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情報処理段階と

を備えることを特徴とする排他制御方法。

【請求項16】 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御方法であって、

第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得

し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知段階と、

前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定段階と  
を備えることを特徴とする排他制御方法。

**【請求項17】** 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムであって、  
前記コンピュータを、

前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに  
排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、

前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理  
より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情  
報処理部と

して機能させることを特徴とするプログラム。

**【請求項18】** 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、  
当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他  
制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムであって、  
前記コンピュータを、

第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得  
し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知  
部と、

前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2  
のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレ  
ッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部と  
して機能させることを備えることを特徴とするプログラム。

**【請求項19】** 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得  
させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムを記録した記録  
媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータを、  
前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに  
排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、  
前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理  
より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情  
報処理部と  
して機能させることを特徴とする記録媒体。

**【請求項 20】** 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、  
当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他  
制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムを記録した記録媒体であつ  
て、

前記プログラムは、前記コンピュータを、  
第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得  
し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知  
部と、

前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2  
のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレ  
ッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部と  
して機能させることを備えることを特徴とする記録媒体。

#### **【発明の詳細な説明】**

##### **【0001】**

##### **【発明の属する技術分野】**

本発明は、排他制御装置、排他制御方法、プログラム、及び記録媒体に関する  
。特に本発明は、所定の情報処理部に対して優先的に競合資源を獲得させる排他  
制御装置、排他制御方法、プログラム、及び記録媒体に関する。

##### **【0002】**

##### **【従来の技術】**

近年、コンピュータに複数のタスクを並行して実行させたり、複数のプロセッ  
サが協業してタスクを高速に実行させたりする技術として、マルチプロセッサや

マルチスレッドが用いられている。これらの技術において、プロセッサやスレッド等の複数の情報処理部は、メモリや入出力装置等の競合資源を共有する。

従来、競合資源の調停を行う場合に、競合の程度が比較的低い場合と、競合の程度が比較的高い場合とで、競合の調停に用いるアルゴリズムを切り替えることにより競合資源の獲得及び解放を高速化する方法が提案されている（非特許文献1参照。）。本文献に開示された方法によると、他の方法と比べ、特に競合資源の獲得及び解放を高速に行うことができる。

### 【0003】

#### 【非特許文献1】

小野寺 民也、河内谷 清久仁 著、「バイモーダルフィールドによるオブジェクトのロック方法の研究」（英題：A Study of Locking Objects with Bimodal Fields）OOP SLA'99会議録

### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、複数の情報処理部のうち、特定の情報処理部のみが頻繁に競合資源の獲得及び解放を行う場合がある。従来の技術によると、このような場合であっても、競合資源を獲得する場合に他の情報処理部と排他的に動作する処理を行う必要があり、処理速度の向上が困難であった。

そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる排他制御装置、排他制御方法、プログラム、及び記録媒体を提供することを目的とする。この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

### 【0005】

#### 【課題を解決するための手段】

即ち、本発明の第1の形態によると、情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置であって、競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、非優先排他権を獲得した非優先情報処理部との間で、第1の処理より処

理時間が短い第2の処理により、競合資源を排他的に獲得する優先情報処理部とを備えることを特徴とする排他制御装置、排他制御方法、当該方法を実現するプログラム、及び当該プログラムを記録した記録媒体を提供する。

また、本発明の第2の形態によると、同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置であって、第1のスレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知部と、実行位置情報が競合資源に獲得する旨を示す場合において、第2のスレッドによって、競合資源に獲得しない実行位置情報を第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部とを備えることを特徴とする排他制御装置、排他制御方法、当該方法を実現するプログラム、及び当該プログラムを記録した記録媒体を提供する。

なお上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

### 【0006】

#### 【発明の実施の形態】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

### 【0007】

#### (第1実施形態)

図1は、第1実施形態における排他制御装置10の機能ブロック図を示す。排他制御装置10は、互いに並行して動作する複数の情報処理部、例えば優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの何れかに、他の情報処理部と排他的に競合資源50を獲得させることにより、競合資源50の獲得を調停することを目的とする。

### 【0008】

排他制御装置10は、複数の情報処理部の何れかに獲得される競合資源50と、競合資源50への競合程度が比較的低い場合に用いられるフラットロック格納

部100と、複数の情報処理部の中から優先情報処理部150を設定する優先情報処理部設定部140と、優先的に競合資源50を獲得する優先情報処理部150と、非優先情報処理部160-1~Nと、競合資源の競合程度を判断する獲得可否判断部170と、優先情報処理部150を変更する優先情報処理部変更部180と、競合資源50への競合程度が比較的高い場合に用いられるモニター制御部190と、ファットロック格納部200と、全ての情報処理部の動作を一時的に停止する全停止部210とを備える。

#### 【0009】

非優先情報処理部160-1~Nのそれぞれは、第1の処理の一例として、他の非優先情報処理部と排他的にフラットロック格納部100へ書き込む処理により、競合資源50を獲得する候補となる権利である非優先排他権の獲得及び解放を行う。例えば、非優先情報処理部160-1~Nは、比較的処理時間の長いCompare And Swap命令により、排的な書き込みを行う。一方、優先情報処理部設定部140により設定された優先情報処理部150は、第1の処理より処理時間の短い第2の処理の一例として、フラットロック格納部100へ、例えば通常の書き込み命令により書き込む処理により、競合資源50の獲得及び解放を行う。排他制御装置10は、優先情報処理部150及び非優先排他権を獲得した非優先情報処理部160の何れかに競合資源50を獲得させる。

#### 【0010】

このように、排他制御装置10は、第1の処理より高速な第2の処理により優先情報処理部150に競合資源50を獲得させることができるので、優先情報処理部150に競合資源50を非優先情報処理部160と比較して高速に獲得させることができる。例えば、優先情報処理部150による競合資源50の獲得頻度が他の情報処理部による獲得頻度より高いことが予め予測される場合において、排他制御装置10は、競合資源50の獲得の調停処理を高速に行うことができる。

#### 【0011】

競合資源50は、非同期的に動作する優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの何れかから排他的に獲得される資源であり、例えば、優先

情報処理部150及び非優先情報処理部160-1～Nから共有され、当該資源が獲得された合計回数を格納するメモリ領域である。以下、このメモリ領域が排他的にアクセスされる必要性について説明する。

#### 【0012】

優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1～Nの何れか1つが、競合資源を獲得した場合に、このメモリ領域からカウンタを読み出し、読み出したカウンタに1を加えた新たな値を生成し、当該新たな値をこのメモリ領域に書き込むインクリメント処理を行う場合に、このメモリ領域は、競合資源50が獲得された合計回数を格納することができる。

しかし、このインクリメント処理と並行に、競合資源を獲得していない他の情報処理部にインクリメント処理を許可してしまうと、このメモリ領域は、競合資源50が獲得された合計回数より少ない値を格納する場合がある。即ち、競合資源を獲得した情報処理部がカウンタを読み出した後、かつ新たな値を書き込む前に、他の情報処理部がインクリメント処理を開始し終了した場合に、他の情報処理部による書き込み結果は、競合資源を獲得した情報処理部による新たな値により上書きされ破棄されてしまう。従って、競合資源50は、競合資源50が獲得された合計回数を正しく保持するために、複数の情報処理部のそれぞれから排他的に獲得される必要がある。

なお、これに代えて、競合資源50は、コンピュータ等に設けられた入出力デバイスであってもよいし、通信装置に接続された通信路であってもよいし、排他的に実行されるべき命令列であってもよい。即ち、競合資源50は、複数の情報処理部から同時並行的に指示を受けた場合に、動作に障害を生ずる装置等であってもよい。

#### 【0013】

フラットロック格納部100は、競合資源50に対応付けて設けられ、何れの情報処理部が競合資源50を獲得しているかを示す情報を格納している。フラットロック格納部100は、優先情報処理部情報格納領域110と、優先排他権格納領域120と、非優先排他権格納領域130とを有する。

#### 【0014】

優先情報処理部情報格納領域110は、何れの情報処理部が優先情報処理部150かを示す優先情報処理部識別情報を格納する。例えば、優先情報処理部情報格納領域110は、何れの情報処理部も優先情報処理部150でない旨を示す匿名状態情報と、優先情報処理部150を識別する識別情報との何れか一方を格納する。

#### 【0015】

優先排他権格納領域120は、優先情報処理部150が競合資源50の獲得を試みている旨を示す優先排他権情報として「LOCKED」を格納する。一方、優先排他権格納領域120は、優先情報処理部150が競合資源50の獲得を試みていない場合には、「UNLOCKED」を格納する。

#### 【0016】

非優先排他権格納領域130は、非優先情報処理部160-1~Nのうち何れが非優先排他権を獲得しているかを識別する非優先排他権情報として、非優先情報処理部160を識別する識別情報を格納する。一方、非優先排他権格納領域130は、非優先情報処理部160-1~Nのうち何れも非優先排他権を獲得していない場合には、「NOBODY」を格納する。

#### 【0017】

優先情報処理部設定部140は、優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの何れかから優先情報処理部に設定する旨の指示を受けた場合に、当該指示の送信元でない他の情報処理部と排他的に、次の処理を行う。優先情報処理部設定部140は、優先情報処理部情報格納領域110に優先情報処理部150を識別する識別情報が格納されていない場合、即ち匿名状態情報が格納されている場合に、優先情報処理部設定部140に指示した当該情報処理部を識別する識別情報を優先情報処理部情報格納領域110に格納する。

#### 【0018】

非優先情報処理部160-1~Nのそれぞれは、例えば、オペレーティングシステムや言語処理系により管理され互いに非同期的に動作し得る処理単位、即ちスレッド又はプロセスである。他の例として、非優先情報処理部160-1~Nのそれぞれは、コンピュータの中央処理装置であってもよい。

非優先情報処理部160-1～Nは、利用者により作成されたプログラム等から競合資源50を獲得する旨の指示を受け取ると、競合資源50を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する。例えば、非優先情報処理部160-1は、第1の処理として、非優先情報処理部160-2～Nと排他的に次の処理を行う。非優先情報処理部160-1は、非優先排他権格納領域130に非優先排他権情報が未だ格納されていない場合、即ち、「N O B O D Y」が格納されている場合において、非優先情報処理部160-1が予約排他権を獲得していることを示す非優先排他権情報を非優先排他権格納領域130に書き込む。

#### 【0019】

より詳細には、非優先情報処理部160-1は、上記第1の処理を、読み出し、判断、及び書き込みを他の情報処理部による処理の割り込みを受けることなく排他的に実行するC o m p a r e A n d S w a p命令などの不可分命令（アトミック命令）により行う。これに代えて、非優先情報処理部160-1は、第1の処理を、T e s t A n d S e t命令により実行してもよいし、メモリ書き込みに用いるバスをロックするL O C K命令により実行してもよいし、読み出した値を格納していたメモリに他の情報処理部による書き込みが行われたか否かを判断する、例えばM I P S（登録商標）プロセッサが備えるL L命令及びS C命令により実行してもよい。

#### 【0020】

また、非優先情報処理部160-1は、優先情報処理部情報格納領域110に匿名状態が格納されている場合に、非優先情報処理部160-1を優先情報処理部に設定する旨の指示を優先情報処理部設定部140に送る。非優先情報処理部160-2～Nの動作は、非優先情報処理部160-1の動作と略同一であるので説明を省略する。

#### 【0021】

また、非優先情報処理部160-1は、利用者により作成されたプログラム等から競合資源50を解放する旨の指示を受け取ると、非優先排他権格納領域130に「N O B O D Y」を書き込むことにより、競合資源50を解放する。なお、

後述するモニター方式において競合資源50を獲得するファット状態に移行中の場合、非優先情報処理部160-1は、必要に応じて、モニター方式により競合資源50を一旦獲得し、解放する処理を行う。

#### 【0022】

また、非優先情報処理部160-1は、ファット状態の場合、競合資源50を獲得する指示をモニター制御部190に送ることにより、競合資源50を獲得する。同様に、非優先情報処理部160-1は、ファット状態において、競合資源50を解放する指示をモニター制御部190に送ることにより、競合資源50を解放する。

#### 【0023】

優先情報処理部150は、非優先情報処理部160-1～Nのそれぞれと同様に、スレッド又はプロセス等の処理単位である。これらの優先情報処理部150の実現例は、非優先情報処理部160の実現例と略同一であるので説明を省略する。

優先情報処理部150は、非優先排他権を獲得した非優先情報処理部160と排他的に、第1の処理より処理時間が短い第2の処理を以下のように行うことにより、競合資源50を獲得する。まず、優先情報処理部150は、「LOCKED」を優先排他権格納領域120に格納する。そして、優先情報処理部150は、非優先排他権格納領域130に格納されている非優先排他権情報を読み出す。優先情報処理部150は、非優先排他権情報が既に格納されている場合、即ち、非優先情報処理部160-1～Nの何れかが既に非優先排他権を獲得している場合に、優先排他権格納領域120から「LOCKED」を取り除き「UNLOCKED」とし、他の処理（例えば、競合資源50の獲得を再び試みる処理）を行う。一方、優先情報処理部150は、非優先排他権情報が未だ格納されていない場合、即ち、非優先情報処理部160-1～Nのうち何れも非優先排他権を獲得していない場合に、競合資源50を獲得して競合資源50を用いた処理を行う。

#### 【0024】

優先情報処理部150は、利用者により作成されたプログラム等から競合資源50を解放する旨の指示を受け取ると、優先排他権格納領域120から「LOC

KED」を取り除き、「UNLOCKED」にすることにより、競合資源50を解放する。なお、ファット状態における競合資源50の解放処理は、非優先情報処理部160-1と略同一であるので説明を省略する。

#### 【0025】

獲得可否判断部170は、情報処理部が行った第1の処理又は第2の処理により競合資源50の獲得が失敗したか否かを判断する。獲得可否判断部170は、優先排他権格納領域120に「LOCKED」が格納された場合に、非優先排他権格納領域130に非優先排他権が格納されているか否かを判断する。獲得可否判断部170は、非優先排他権格納領域130に非優先排他権が格納されていると判断した場合に、第1の処理による競合資源50の獲得が失敗したと判断する。そして、獲得可否判断部170は、競合資源50の獲得が失敗した旨を示す情報を優先情報処理部変更部180及びモニター制御部190に送る。

#### 【0026】

優先情報処理部変更部180は、競合資源50の獲得が失敗した旨を示す情報を獲得可否判断部170から受け取ると、匿名状態情報を優先情報処理部情報格納領域110に格納することにより、優先情報処理部150を非優先情報処理部160に変更する。また、優先情報処理部変更部180は、優先情報処理部を変更する旨の指示を全停止部210から受け取ると、競合資源50を獲得している情報処理部を、フラットロック格納部100を参照することにより特定し、特定された当該情報処理部を優先情報処理部とする旨の情報をフラットロック格納部100に書き込むことにより、当該情報処理部を優先情報処理部に変更する。優先情報処理部変更部180は、全停止部210により情報処理部の動作を停止した状態において、優先情報処理部に変更すべき情報処理部を決定するが、これに代えて、情報処理部の動作を停止することなく、定期的にフラットロック格納部100を参照することにより、優先情報処理部に変更すべき情報処理部を決定してもよい。

#### 【0027】

モニター制御部190は、競合資源50の獲得が失敗した旨を示す情報を獲得可否判断部170から受け取ると、以下に一例を示すモニター方式により、競合

資源50の獲得に対するその後の調停処理を行う。モニター方式において、ファットロック格納部200は、競合資源50を獲得すべく他の情報処理部による競合資源50の解放を待機する全ての情報処理部の識別情報を記録している。即ち、モニター制御部190は、優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの何れかから競合資源50を獲得する指示を受け取ると、指示の送信元の情報処理部を識別する情報を、競合資源50の解放を待機する情報処理部の識別情報としてファットロック格納部200に登録する。排他制御装置10は、待機しているこれらの情報処理部にCPU等の計算資源を割り当てないので、全体として効率的に計算資源を活用している状態にある。

そして、モニター制御部190は、競合資源50を解放する旨の指示を情報処理部から受け取った場合に、競合資源50を獲得すべく待機していた情報処理部のうち、所定の条件を満たす情報処理部、例えば、最初に待機を開始した情報処理部を選択して、選択した当該情報処理部に競合資源50を獲得させる。

なお、モニター制御部190は、競合資源50の獲得が失敗した旨を示す情報を獲得可否判断部170から受け取った場合に、以上で示した処理に代えて、他の任意のロック方式により競合資源50の獲得に対するその後の調停処理を行ってもよい。例えば、排他制御装置10を管理するオペレーティングシステムに標準で設けられているロック方式を用いてもよい。

### 【0028】

このように、モニター制御部190は、情報処理部に競合資源50の獲得を試みさせる場合に、ファットロック格納部200内に待機状態等を登録するので、ファットロック格納部100を用いた競合資源50の獲得と比較して、獲得を試行してから獲得の可否判断の終了まで長い処理時間を要する。しかしながら、モニター制御部190は、競合資源50を獲得すべく待機する情報処理部が比較的多い場合において、待機するこれらの情報処理部に計算資源を割り当てないので、全体として計算資源の使用効率を高めることができる。

### 【0029】

以降の説明において、これらの特性に応じた名称として、ファットロック格納部100を用いた競合資源50の獲得をファットロックと、ファットロック格納

部200を用いた競合資源50の獲得をファットロックと呼称する。また、全ての情報処理部が競合資源50を獲得すべくファットロックを用いる状態をファット状態又は重量モードと呼称し、全ての情報処理部が競合資源50を獲得すべくフラットロックを用いる状態をフラット状態又は優先モードと呼称する。

なお、ファット状態において用いるロック方式は、上記のモニター方式に限定されない。モニター制御部190は、フラットロック格納部100を用いた競合資源50の獲得と比較して、競合の程度が所定以上高い場合、例えば競合の発生頻度が所定値以上の場合において、より高速に動作する方式により、競合資源50を獲得させてもよい。

#### 【0030】

ファットロック格納部200は、モニター制御部190により用いられるモニター方式に必要なデータを獲得する。ファットロック格納部200は、代表的には、競合資源50を獲得中の情報処理部を識別する情報と、何れの情報処理部が競合資源50を獲得すべく待機しているかを示す情報を格納している。例えば、ファットロック格納部200は、競合資源50を獲得すべく待機している情報処理部を示す情報を、待機を開始した順に、FIFO (First In First Out) 方式のキューに接続して管理してもよい。この場合、ファットロック格納部200は、モニター制御部190からの指示に応じて、当該キューから情報処理部を示す情報を除いてもよいし、当該キューに情報処理部を示す情報を新たに追加してもよい。

#### 【0031】

全停止部210は、定期的に優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの動作を停止する。例えば、排他制御装置10がガーベージコレクション (GCと略す) 機能を用いてメモリ管理されている場合において、全停止部210は、ストップザワールド型GCを行うために、定期的に優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nの動作を停止する。そして、全停止部210は、GCを行わせると伴に、優先情報処理部の変更を行う旨の指示を優先情報処理部変更部180に送る。

#### 【0032】

このように、排他制御装置 10 は、優先情報処理部 150 に競合資源 50 を高速に獲得させることができるので、優先情報処理部 150 による競合資源 50 の獲得頻度が他の情報処理部による獲得頻度より高い場合において、競合資源 50 の獲得の調停処理を高速に行うことができる。

#### 【0033】

図2は、第1実施形態におけるフラットロック格納部100の詳細を示す。フラットロック格納部100は、優先情報処理部を識別する情報を格納する優先情報処理部情報格納領域110と、優先排他権情報を格納する優先排他権格納領域120と、非優先排他権情報を格納する非優先排他権格納領域130とを含む。優先情報処理部を識別する情報及び非優先排他権情報は、例えば、オペレーティングシステムにより管理される情報処理部のスレッドIDであってもよいし、排他制御装置10を動作させる言語処理系により管理される情報処理部のスレッドIDであってもよい。また、優先排他権情報は、例えば、優先情報処理部150が競合資源50の獲得を試行しているか否かを示す2値情報である。

#### 【0034】

図2（A）は、競合資源50が初期化された時点におけるフラットロック格納部100の一例を示す。優先情報処理部情報格納領域110は、何れの情報処理部も優先情報処理部150でない旨を示す「匿名状態」を格納している。そして、優先排他権格納領域120は、優先情報処理部150が競合資源50の獲得を試行していない旨を示す「UNLOCKED」を格納している。そして、非優先排他権格納領域130は、何れの情報処理部も非優先排他権を獲得していない旨を示す「NOBODY」を格納している。

#### 【0035】

図2（B）は、図2（A）において、優先情報処理部設定部140により優先情報処理部150が設定された状態を示す。優先情報処理部情報格納領域110は、優先情報処理部150を識別する情報であるID1を格納している。図2（C）は、図2（B）において、優先情報処理部150により競合資源50の獲得が試行された状態を示す。優先排他権格納領域120は、優先情報処理部150により競合資源50の獲得が試行された旨を示す「LOCKED」を格納してい

る。図2（D）は、図2（B）において、非優先情報処理部160-1により非優先排他権が獲得された状態を示す。非優先排他権格納領域130は、ID2を格納している。このID2は、ID2という識別情報で識別される情報処理部、例えば、非優先情報処理部160-1によって、非優先排他権が獲得されている旨を示している。

### 【0036】

図2（E）は、図2（D）において、優先情報処理部150により競合資源50の獲得が試行された状態であり、図2（C）に示した状態において、非優先情報処理部160-1により非優先排他権が獲得された状態でもある。優先排他権格納領域120は、「LOCKED」を格納しており、非優先排他権格納領域130は、非優先情報処理部160-1により非優先排他権が獲得されている旨を示す「ID2」を格納している。図2（E）の状態に至る2つの場合について順に説明する。

### 【0037】

図2（D）に示した状態において、優先情報処理部150は、ユーザプログラムからの指示等に応じ、競合資源50を獲得すべく、「LOCKED」を優先排他権格納領域120に格納する。この時点での状態が図2（E）である。その後、優先情報処理部150は、非優先排他権格納領域130に格納されている非優先排他権情報を読み出す。優先情報処理部150は、非優先排他権情報が既に格納されている、即ち、非優先情報処理部160-1が既に非優先排他権を獲得していると判断する。そして、優先情報処理部150は、優先排他権格納領域120から「LOCKED」を取り除き「UNLOCKED」とすることにより、競合資源50の獲得試行を撤回する（図2（D）の状態に戻る）。

### 【0038】

図2（C）に示した状態において、非優先情報処理部160-1は、ユーザプログラム等から競合資源50を獲得する旨の指示を受け取ると、非優先情報処理部160-2～Nと排他的に、「ID2」を非優先排他権格納領域130に格納する。この時点での状態が図2（E）である。その後、非優先情報処理部160-1は、非優先排他権格納領域130に格納した「ID2」を取り除くことによ

り、非優先排他権を解放する（図2（C）の状態に戻る）。

#### 【0039】

このように、フラットロック格納部100は、優先情報処理部150のみから書き込まれる優先排他権格納領域120と、非優先情報処理部160-1~Nから書き込まれる非優先排他権格納領域130とをそれぞれ別個に有している。従って、優先情報処理部150は、他の情報処理部と排他的に優先排他権格納領域120への書き込みを行う必要がないので、高速に動作することができる。

#### 【0040】

図3は、第1実施形態において優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源の獲得を試みる動作フローを示す。優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nのそれぞれは、本図から図6に示す動作フローに従い、同時並行的に動作し得る。また、本図において優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nは略同一に動作するので、以下の説明において、優先情報処理部150及び非優先情報処理部160-1~Nを情報処理部と総称する。

#### 【0041】

情報処理部は、競合資源50を獲得すべく、第1の処理及び／又は第2の処理により、フラットロックの獲得を試行する（S100A）。詳細については後述する。情報処理部は、フラットロックの獲得に成功した場合に（S110：YES）、競合資源50を獲得し競合資源50を用いた処理を行う（S120）。

#### 【0042】

一方、獲得可否判断部170が、フラットロックの獲得に失敗した場合に（S110：NO）、モニター制御部190は、ファットロックを獲得させるまで情報処理部を待機させる（S130）。情報処理部は、ファットロックを獲得した後に、ファット状態に移行したか否かを判断する（S140）。ファット状態に移行したか否かの判断の詳細は、S170の説明において後述する。情報処理部は、ファット状態に移行したと判断した場合に（S140：YES）、ファットロックにより競合資源50を獲得し競合資源50を用いた処理を行う（S120）。

### 【0043】

一方、情報処理部は、ファット状態に未だ移行していないと判断した場合に（S140: NO）、フラットロックの獲得が失敗し、かつファット状態への移行が完了していない旨を示すフラットロック競合状態に設定する（S150）。例えば、情報処理部は、全ての情報処理部からアクセス可能なメモリ上の所定の領域に、フラットロック競合状態である旨の情報を書き込むことにより、フラットロック競合状態に設定する。

### 【0044】

続いて、情報処理部は、第1の処理及び／又は第2の処理により、フラットロックの獲得を試行する（S100B）。情報処理部は、フラットロックの獲得に成功した場合に（S160: YES）、ファット状態に設定し（S170）、S140に戻る。S170の詳細については後述する。

### 【0045】

一方、情報処理部は、フラットロックの獲得に失敗した場合に（S160: NO）、ロックの状態変更通知を他の情報処理部から受け取るまで、既にS130で獲得していたファットロックを解放し待機する（S180）。その後、情報処理部は、ロックの状態変更通知を他の情報処理部から受け取った場合に、ファットロックを再び獲得してS140の処理に戻る。

### 【0046】

このように、排他制御装置10は、フラットロック及びファットロックの双方を獲得した情報処理部により、フラット状態からファット状態への移行処理を行わせる。従って、排他制御装置10は、フラットロックからファットロックへの移行過程において、フラットロック及びファットロックの双方が競合資源50を獲得するためのロックとして共存する混乱等を避けることができる。

### 【0047】

図4は、図3におけるS100A及びBの詳細を示す動作フローを示す。S100を実行する情報処理部は、当該情報処理部が優先情報処理部150であると判断した場合に（S200: YES）、優先排他権格納領域120に「LOCKED」を格納する（S210）。そして、優先情報処理部150は、非優先排他

権情報が非優先排他権格納領域130に格納されていない場合、即ち、「NO B O D Y」が格納されている場合に（S220：NO）、競合資源50を獲得し（S240）、処理を終了する。

#### 【0048】

一方、非優先排他権情報が既に非優先排他権格納領域130に格納されている場合（S220：YES）、即ち、非優先情報処理部160-1～Nの何れかが既に非優先排他権を獲得している場合に、獲得可否判断部170は、優先排他権格納領域120に格納した「LOCKED」を取り除く（S250）。そして、優先情報処理部変更部180は、匿名状態情報を優先情報処理部情報格納領域110に格納することにより匿名状態に設定し（S260）、競合資源50を獲得させず（S270）、処理を終了する。

#### 【0049】

一方、S100を実行する情報処理部は、当該情報処理部が非優先情報処理部の何れか（例えば、非優先情報処理部160-1）であると判断した場合に（S200：NO）、優先情報処理部情報格納領域110に格納される優先情報処理部情報が匿名状態を示すか否かを判断する（S280）。優先情報処理部情報が匿名状態を示す場合に（S280：YES）、優先情報処理部設定部140は、他の非優先情報処理部とは排他的に、非優先情報処理部160-1を優先情報処理部に設定する処理、即ち、非優先情報処理部160-1が優先情報処理部である旨の優先情報処理部情報を、優先情報処理部情報格納領域110に書き込む処理を行い（S290）、S200に戻る。即ち、優先情報処理部設定部140は、初期化されてから初めて競合資源50を獲得した情報処理部を、優先情報処理部150に設定し、優先情報処理部150を除く他の情報処理部を非優先情報処理部160と設定する。

#### 【0050】

優先情報処理部情報が匿名状態でない場合に（S280：NO）、非優先情報処理部160-1は、他の非優先情報処理部と排他的に、非優先排他権を獲得する処理を行う（S300）。

#### 【0051】

非優先排他権の獲得に失敗した場合に（S310: NO）、非優先情報処理部160-1は、競合資源50を獲得できず（S270）、処理を終了する。一方、非優先排他権の獲得に成功した場合に（S310: YES）、非優先情報処理部160-1は、優先排他権格納領域120に「LOCKED」が既に格納されているか否かを判断する（S320）。「LOCKED」が格納されていない場合に（S320: NO）、非優先情報処理部160-1は、競合資源50を獲得し（S240）、処理を終了する。一方、「LOCKED」が格納されている場合に（S320: YES）、非優先情報処理部160-1は、非優先排他権を示す情報を優先排他権格納領域120から除去し（S330）、競合資源50を獲得できず（S270）、処理を終了する。

#### 【0052】

このように、非優先情報処理部160-1は、第1の処理として、他の非優先情報処理部と排他的に、非優先排他権情報が既に格納されていない場合において当該非優先情報処理部が予約排他権を獲得していることを示す非優先排他権情報を格納する処理（例えば、S200、S280、S300、S310、S320、及びS240）を行う。一方、優先情報処理部150は、第1の処理より処理時間の短い第2の処理として、「LOCKED」を優先排他権格納領域120に格納する処理（例えば、S200、S210、S220、及びS240）により、競合資源50を獲得することができる。

#### 【0053】

図5は、図3におけるS170の詳細を示す動作フローを示す。情報処理部は、フラットロック競合状態をリセットする（S400）。そして、情報処理部は、ロック状態変更通知が届くのを待っている（例えば、図3のS180）全ての情報処理部に、ロックの状態変更を通知する（S410）。そして、情報処理部は、競合資源50をファット状態に設定する（S420）。

#### 【0054】

ファット状態に設定する処理とは、例えば、競合資源50を獲得し得る全ての情報処理装置からアクセス可能な、競合資源50に対応付けて設けられたメモリ上の所定の領域（例えばフラットロック格納部100内）に、ファット状態を示

す情報を書き込む処理である。したがって、他の情報処理装置は、当該所定の領域を参照することによって、現在ファット状態であるか否かを判断することができる（例えば、図3のS140）。

#### 【0055】

図6は、優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源50を解放する動作フローを示す。まず、情報処理部は、フラットロック格納部100を参照することにより、フラット状態であるか否かを判断する（S500）。フラット状態でないと判断した場合に（S500：NO）、情報処理部は、ファット状態からフラット状態に移行する条件を満たすか否か、例えば、競合資源50を獲得すべく待機する情報処理部がないか否かを判断する（S510）。

#### 【0056】

ファット状態からフラット状態に移行する条件を満たさない場合に（S510：NO）、情報処理部は、モニター制御部190を用いて、ファットロックを解放する処理を行う（S520）。一方、ファット状態からフラット状態に移行する条件を満たす場合に（S510：YES）、情報処理部は、フラットロック格納部100を初期化し（S530）、競合資源50の獲得状態をフラット状態に設定する（S540）。

なお、情報処理部は、フラットロック格納部100を初期化する場合に、優先情報処理部を匿名状態に設定してもよい。この場合、情報処理部は、フラットロックに移行した後初めて競合資源50を獲得する情報処理部を、優先情報処理部150とすることができます。

#### 【0057】

一方、フラット状態であると判断した場合に（S500：YES）、情報処理部は、フラットロックを解放する処理、例えば、競合資源50を解放した旨の情報を優先排他権格納領域120又は非優先排他権格納領域130に格納する処理を行う（S550）。続いて、情報処理部は、フラットロック競合状態に設定されているか否かを判断する（S560）。フラットロック競合状態に設定されていない場合に（S560：NO）、解放処理を終了する。一方、フラットロック競合状態に設定されている場合に、情報処理部は、ファットロックの獲得を試行

する。そして、情報処理部は、ファットロックを獲得した場合に（S570: YES）、再び、フラットロック競合状態に設定されているか否かを判断する（S580）。フラットロック競合状態に設定されている場合に（S580: YES）、情報処理部は、ロック状態変更通知が届くのを待っている他の情報処理部の何れかに、ロックの状態変更を通知する（S590）。続いて、情報処理部は、ファットロックを解放する（S520）。

#### 【0058】

このように、排他制御装置10は、フラットロックからファットロックへの移行過程であるフラットロック競合状態の場合には、フラットロック及びファットロックの双方を一旦獲得してから、双方のロックを解放する。したがって、フラットロック及びファットロックの双方が競合資源50を獲得するためのロックとして共存する過渡状態であっても、適切に競合資源50を解放することができる。

#### 【0059】

（変形例）

図7は、第1実施形態の変形例における排他制御装置10の機能ブロック図を示す。本図における排他制御装置10は、図1に示した排他制御装置10と略同一の構成をとるので、相違点のみを説明する。排他制御装置10は、図1に示した排他制御装置10とは異なり、優先情報処理部設定部140、優先情報処理部変更部180、モニター制御部190、ファットロック格納部200、及び全停止部210を備えなくともよい。また、本図におけるフラットロック格納部100は、図1のフラットロック格納部100における、優先情報処理部情報格納領域110に代えて領域利用種別格納領域115を、優先排他権格納領域120に代えて排他権格納領域125を、予備排他権格納領域130に代えて情報処理部識別情報格納領域135を、それぞれ有してもよい。ここで、排他権格納領域125とは、本発明に係る優先排他権格納領域の一例であり、情報処理部識別情報格納領域135とは、本発明に係る非優先排他権格納領域の一例である。

#### 【0060】

情報処理部識別情報格納領域135は、優先情報処理部情報及び非優先排他権

情報の何れか一方を格納する。そして、領域利用種別格納領域 115 は、情報処理部識別情報格納領域 135 が優先情報処理部情報及び非優先排他権情報の何れを格納するかを示す領域利用種別情報を格納する。なお、領域利用種別情報が 2 値情報であるので、領域利用種別格納領域 115 は、図 1 における優先情報処理部情報格納領域 110 に比べサイズが小さい。

#### 【0061】

優先情報処理部 150 は、「LOCKED」を排他権格納領域 125 に格納することにより競合資源 50 を獲得し、「LOCKED」を排他権格納領域 125 から取り除くことにより競合資源 50 を解放する。優先情報処理部 150 が「LOCKED」を排他権格納領域 125 に格納した場合に、情報処理部識別情報格納領域 135 が優先情報処理部 150 の識別情報を格納していない場合には、獲得可否判断部 170 は、排他権格納領域 125 に「UNLOCKED」を書き込むことにより、優先情報処理部 150 による競合資源 50 の獲得を撤回する。

#### 【0062】

非優先情報処理部 160 は、他の情報処理装置と排他的にフラットロック格納部 100 へのアクセス権を獲得し、次の処理を行う。非優先情報処理部 160 は、排他権格納領域 125 に「LOCKED」が格納されていない場合に、情報処理部識別情報格納領域 135 に非優先情報処理部 160 の識別情報を格納し、排他権格納領域 125 に「LOCKED」を格納する。そして、非優先情報処理部 160 は、非優先排他権情報が格納される旨を示す領域利用種別情報を、領域利用種別格納領域 115 に格納する。

#### 【0063】

このように、優先情報処理部 150 は、優先情報処理部 150 のみが競合資源 50 を獲得する場合においては、排他権格納領域 125 への書き込みにより高速に競合資源 50 を獲得する。一方、非優先情報処理部 160 は、一旦競合資源 50 の獲得に成功すると、情報処理部識別情報格納領域 135 に非優先排他権情報を格納させることにより、他の非優先情報処理部と排他的に競合資源 50 を獲得する。この場合、優先情報処理部 150 は、当初有していた優先的な競合資源 50 の獲得権を失い、非優先情報処理部 160 と同様、非優先排他権を獲得するこ

とにより競合資源 50 を獲得する。

#### 【0064】

図 8 は、第 1 実施形態の変形例におけるフラットロック格納部 100 の詳細を示す。フラットロック格納部 100 は、領域利用種別を格納する領域利用種別格納領域 115 と、優先排他権情報を格納する排他権格納領域 125 と、非優先排他権情報を格納する情報処理部識別情報格納領域 135 とを含む。領域利用種別情報は、情報処理部識別情報格納領域 135 が優先情報処理部情報及び非優先排他権情報の何れを格納するかを示す 2 値情報である。即ち、領域利用種別格納領域 115 のサイズは、例えば 1 ビットである。

#### 【0065】

図 8 (A) は、競合資源 50 が初期化された時点におけるフラットロック格納部 100 の一例を示す。領域利用種別格納領域 115 は、情報処理部識別情報格納領域 135 が優先情報処理部情報を格納する旨を示す「優先情報処理部」を格納している。そして、排他権格納領域 125 は、優先情報処理部 150 が競合資源 50 の獲得を試行していない旨を示す「UNLOCKED」を格納している。そして、情報処理部識別情報格納領域 135 は、優先情報処理部 150 を識別する情報として「ID1」を格納している。

#### 【0066】

図 8 (B) は、図 8 (A) において、優先情報処理部 150 により競合資源 50 の獲得が試行された状態を示す。排他権格納領域 125 は、優先情報処理部 150 により競合資源 50 の獲得が試行された旨を示す「LOCKED」を格納している。

#### 【0067】

図 8 (C) は、図 8 (A) において、非優先情報処理部 160-1 により非優先排他権が獲得された後の状態を示す。領域利用種別格納領域 115 は、情報処理部識別情報格納領域 135 が非優先排他権情報を格納する旨を示す「非優先排他権」を格納している。情報処理部識別情報格納領域 135 は、非優先情報処理部 160-1 により非優先排他権が獲得された旨を示すべく、非優先情報処理部 160-1 を識別する情報である ID2 を格納している。

ここで、非優先情報処理部160-1は、図8（A）から図8（C）の状態に変化させるべく、他の情報処理部と排他的に以下の処理を行う。まず、非優先情報処理部160-1は、情報処理部識別情報格納領域135に、何れの情報処理部も競合資源50を獲得していない旨を示す「N O B O D Y」が格納され、かつ排他権格納領域125に「U N L O C K E D」が格納されているか判断する。そして、当該判断が正しい場合に、情報処理部識別情報格納領域135にID2を格納し、排他権格納領域125に「L O C K E D」を格納する。これらの一連の処理は、Compare And Swap命令等を用いて他の情報処理部と排他的に行われることが望ましい。Compare And Swap命令が、メモリ上の1ワードに対してのみ適用可能であっても、本実施形態に示すように、排他権格納領域125及び情報処理部識別情報格納領域135を連続した領域とすることにより、非優先情報処理部160-1は、適切に非優先排他権の獲得処理を行うことができる。

#### 【0068】

図8（D）は、図8（C）において、非優先情報処理部160-1により非優先排他権が解放された後の状態を示す。情報処理部識別情報格納領域135は、「N O B O D Y」を格納している。

#### 【0069】

このように、本例におけるフラットロック格納部100は、図1におけるフラットロック格納部100と比べて、サイズが小さい。従って、排他制御装置10は、図1と同様に、優先情報処理部150を非優先情報処理部160より高速に動作させつつ、図1における排他制御装置10と比べてサイズの小さい記憶領域を用いて、競合資源50の獲得を適切に調停できる。

#### 【0070】

図9は、第1実施形態の変形例において優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源の獲得を試みる動作フローを示す。本フローにおいては、優先情報処理部150及び非優先情報処理部160の双方が略同一に動作する部分があるので、当該部分においては、優先情報処理部150及び非優先情報処理部160を情報処理部と総称する。

### 【0071】

競合資源50の獲得を試みる場合に、情報処理部は、情報処理部識別情報格納領域135が当該情報処理部を識別するIDを格納するか否かを判断する(S600)。情報処理部識別情報格納領域135が当該情報処理部を識別するIDを格納する場合に(S600: YES)、優先情報処理部150は、「LOCKED」を排他権格納領域125に格納する。そして、優先情報処理部150は、情報処理部識別情報格納領域135を再び読出し、情報処理部識別情報格納領域135内の情報がS600の時点と比較して不变であると判断した場合に(S620: YES)、競合資源50の獲得に成功し(S630)、処理を終了する。一方、優先情報処理部150は、情報処理部識別情報格納領域135内の情報がS600の時点と比較して変化したと判断した場合に(S620: NO)、「LOCKED」を排他権格納領域125から取り除き「UNLOCKED」とし、競合資源50の獲得に失敗し(S650)、処理を終了する。

### 【0072】

情報処理部識別情報格納領域135が当該情報処理部を識別するIDを格納しない場合に(S600: NO)、非優先情報処理部160は、情報処理部識別情報格納領域135に「NOBODY」以外のIDが格納されているか否かを判断する(S660)。非優先情報処理部160は、情報処理部識別情報格納領域135に「NOBODY」以外のIDが格納されている場合に(S660: YES)、他の非優先情報処理部と排他的に、非優先排他権の獲得を試行する(S670)。獲得に失敗した場合に(S680: NO)、情報処理部は、競合資源50の獲得に失敗し(S650)、処理を終了する。一方、非優先排他権の獲得に成功した場合に(S680: YES)、情報処理部は、情報処理部識別情報格納領域135が非優先排他権情報を格納する旨を領域利用種別格納領域115に格納し(S690)、競合資源50の獲得に成功し(S630)、処理を終了する。

### 【0073】

非優先情報処理部160は、情報処理部識別情報格納領域135に「NOBODY」が格納されている場合に(S660: NO)、他の非優先情報処理部と排他的に、非優先排他権の獲得を試行する(S700)。獲得に失敗した場合に(

S710: NO)、非優先情報処理部160は、競合資源50の獲得に失敗し(S730)、処理を終了する。一方、非優先排他権の獲得に成功した場合に(S710: YES)、非優先情報処理部160は、競合資源50の獲得に成功し(S720)、処理を終了する。情報処理部は、以上で示した動作を、競合資源50の獲得に成功するまで繰り返し行うスピンドル方式により動作してもよいし、競合資源50の獲得に失敗した場合に、他の方式のロックに移行する処理を行ってもよい。

#### 【0074】

このように、優先情報処理部150のみが競合資源50を獲得している時点において、排他制御装置10は、フラットロック格納部100への書き込みにより、優先情報処理部150に競合資源50を獲得させるので、高速に動作する。一方、非優先情報処理部160が競合資源50を獲得した場合であっても、排他制御装置10は、競合資源50の獲得を適切に調停することができる。

#### 【0075】

##### (第2実施形態)

図10は、第2実施形態における排他制御装置20の機能ブロック図を示す。排他制御装置20は、競合資源60と、資源情報格納領域300と、第1のスレッドの一例である優先情報処理部340と、第2のスレッドの一例である非優先情報処理部350-1~Nと、実行状態取得通知部390と、モニター制御部410とを備える。排他制御装置20は、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350-1~Nによる競合資源60の獲得を調停することを目的とする。

#### 【0076】

競合資源60は、非同期的に動作する非優先情報処理部350及び優先情報処理部停止部360-1~Nの何れかから排他的に獲得される資源である。その他、競合資源60の詳細は、図1で説明した競合資源50と略同一であるので説明を省略する。

#### 【0077】

資源情報格納領域300は、優先権情報フィールド310と、再帰獲得段階フィールド320と、方式種別フィールド330とを有する。優先権情報フィール

ド310は、優先情報処理部が存在する旨を示す優先権情報を格納する。例えば、優先権情報とは、優先情報処理部を識別する情報（スレッドID等）である。また、優先権情報フィールド310は、優先情報処理部が設定されていない場合に、優先情報処理部が設定されていない旨を示す匿名状態情報を格納する。再帰獲得段階フィールド320は、複数の情報処理部のいずれかにより競合資源60が獲得されているか否かを示す資源情報を格納する。方式種別フィールド330は、競合資源60を獲得するために資源情報格納領域300を用いる優先モードであるか、又はモニター制御部410を用いる通常モードであるかを識別する方式種別情報を格納する。

#### 【0078】

優先情報処理部340は、優先情報処理部340は、方式種別フィールド330に格納されている方式種別情報が優先モードを示す場合には、以下の処理を行う。まず、優先情報処理部340は、本発明に係る第2の処理の一例として、優先権情報フィールド310の内容を読み出し、優先権情報が格納されている場合に、資源情報を再帰獲得段階フィールド320に書き込む処理を行うことにより、競合資源60を獲得する。一方、匿名状態情報が格納されている場合に、優先情報処理部340は、当該優先情報処理部340を識別する情報を優先権情報フィールド310に排他的に書き込む。

一方、優先情報処理部340は、方式種別フィールド330に格納されている方式種別情報が通常モードを示す場合には、上記処理に代えて、競合資源60の獲得を試行する旨をモニター制御部410に通知することにより競合資源60を獲得する。

#### 【0079】

また、優先情報処理部340は、方式種別フィールド330に格納されている方式種別情報が優先モードを示す場合には、再帰獲得段階フィールド320から資源情報を取り除くことにより競合資源60を解放する。一方、方式種別フィールド330に格納されている方式種別情報が通常モードを示す場合には、競合資源60の解放指示をモニター制御部410に送ることにより、競合資源60を解放する。

### 【0080】

非優先情報処理部350-1は、優先情報処理部停止部360と、優先権除去部370と、過渡状態判断部380と、実行状態設定部400とを有する。非優先情報処理部350-1が競合資源60を獲得する場合に、まず、優先情報処理部停止部360は、優先情報処理部340を停止させる。そして、優先情報処理部停止部360は、優先情報処理部340を停止させた旨を優先権除去部370及び過渡状態判断部380に通知する。

例えば、情報処理部がスレッドである場合には、優先情報処理部停止部360は、スレッドサスPEND関数を呼び出すことにより、優先情報処理部340を停止させてもよい。これに代えて、優先情報処理部340に予め割り込みハンドラを設けておき、優先情報処理部停止部360は、優先情報処理部340に対して割り込み処理を行うことにより、優先情報処理部340の処理を中断させてもよい。この場合、優先権除去部370、過渡状態判断部380、実行状態設定部400による処理は、優先情報処理部340の割り込みハンドラ内で行われてもよい。

### 【0081】

優先権除去部370は、優先情報処理部340を停止させた旨を優先情報処理部停止部360から受け取った場合に、非優先排他権の一例である、資源情報格納領域300への排他的なアクセス権を獲得する。そして、優先権除去部370は、優先権情報を優先権情報フィールド310から取り除き、モニター制御部410に用いられる情報を優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320に格納し、通常モードである旨を示す方式種別情報を方式種別フィールド330に格納する。

### 【0082】

過渡状態判断部380は、優先情報処理部340を停止させた旨を優先情報処理部停止部360から受け取った場合に、優先情報処理部340の実行状態を取得する指示を実行状態取得通知部390に送る。そして、過渡状態判断部380は、実行状態取得通知部390から受け取った実行状態に基づいて、停止している優先情報処理部340が第2の処理を実行中である、即ちCompare A

nd Swap命令等の不可分命令を用いることなく、競合資源60を獲得又は解放の処理中とと判断した場合に、判断結果を実行状態設定部400に送る。

#### 【0083】

実行状態取得通知部390は、優先情報処理部340の実行状態を取得する指示を過渡状態判断部380から受け取ると、優先情報処理部340の実行状態、例えば、優先情報処理部340におけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を、優先情報処理部340から取得し、過渡状態判断部380に送ることにより非優先情報処理部350に通知する。実行位置情報とは、例えば、優先情報処理部340におけるプログラムカウンタである。これに代えて、実行状態取得通知部390は、優先情報処理部340により実行中の関数を識別する情報を取得してもよいし、優先情報処理部340における所定のレジスタの値を取得してもよい。

#### 【0084】

実行状態設定部400は、優先情報処理部340が第2の処理を実行中であることを示す判断結果を過渡状態判断部380から受け取った場合に、優先情報処理部340の実行状態を、第2の処理により競合資源60を獲得しない状態に設定する。例えば、実行状態設定部400は、優先情報処理部340が優先権情報フィールド310の内容を読出す前の状態に設定する。そして、実行状態設定部400は、優先情報処理部340の動作を再開させる。

#### 【0085】

優先権除去部370及び実行状態設定部400による処理が終了した場合に、非優先情報処理部350-1は、競合資源60の獲得を試行する旨をモニター制御部410に通知することにより競合資源60の獲得を試行する。一方、非優先情報処理部350-1は、競合資源60の解放指示をモニター制御部410に通知することにより競合資源60を解放する。なお、非優先情報処理部350-2～Nの動作は、それぞれ非優先情報処理部350-1と略同一であるので説明を省略する。

#### 【0086】

モニター制御部410は、競合資源60の獲得を試行する旨の通知を優先情報

処理部340及び非優先情報処理部350-1～Nのそれぞれから受け取ると、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350-1～Nの何れかに競合資源60を獲得させる。この場合、モニター制御部410は、必要に応じて、優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320を用いる。また、モニター制御部410は、競合資源60の解放指示を優先情報処理部340及び非優先情報処理部350-1～Nのそれぞれから受け取ると、競合資源60を解放し、競合資源60を獲得すべく待機している他の情報処理部に競合資源60を獲得させる。モニター制御部410が競合資源60の獲得を調停する処理の一例は、図1におけるモニター制御部190と略同一であるので説明を省略する。

#### 【0087】

このように、排他制御装置20は、優先情報処理部340のみが競合資源60の獲得を試行する場合には、処理時間の長いCompare And Swap命令等の不可分命令を用いることなく、資源情報格納領域300からの読み出し及び資源情報格納領域300への書き込みにより、競合資源60を獲得させることができる。従って、排他制御装置20は、競合資源60の獲得及び解放を高速に行わせることができる。

そして、排他制御装置20は、非優先情報処理部350が競合資源60の獲得を試行する場合には、競合資源60への排他アクセスを保証すべく、競合資源60の獲得の調停を行うことができる。

#### 【0088】

図11は、第2実施形態における資源情報格納領域300の詳細を示し、図11(A)は、競合資源60が初期化された場合等における資源情報格納領域300の初期状態を示す。優先権情報フィールド310は、優先権情報が設定されていない旨、即ち匿名状態情報を示す「0」を格納している。再帰獲得段階フィールド320は、競合資源60が獲得されていない旨を示す「0」を格納している。方式種別フィールド330は、優先モードである旨を示す「1」を格納している。

#### 【0089】

図11(C)は、図11(A)において、優先情報処理部340が競合資源6

0を獲得した状態を示す。優先情報処理部340は、当該優先情報処理部340を識別する情報である「A」を優先権情報フィールド310に書き込む。そして、優先情報処理部340は、競合資源60を獲得した旨を示す「1」を再帰獲得段階フィールド320に書き込む。なお、図(C')から図(C'')に示すように、優先情報処理部340は、既に獲得した競合資源60を更に再帰的に獲得してもよい。

#### 【0090】

図11(B)は、図11(C)において、優先情報処理部340が競合資源60を解放した状態を示す。優先情報処理部340は、競合資源60が獲得されていない旨を示す「0」を再帰獲得段階フィールド320に書き込むことにより、競合資源60を解放する。なお、特定の情報処理部により頻繁に競合資源60が獲得されることが予め予測される場合においては、図11(B)に示す状態を資源情報格納部300の初期状態に設定してもよい。また、競合資源60の獲得における競合が起りやすいことが予め予測される場合においては、図11(D)に示す状態を資源情報格納部300の初期状態に設定してもよい。

#### 【0091】

このように、優先情報処理部340のみが競合資源60の獲得を試行している状態である予約状態において、優先情報処理部340は、再帰獲得段階フィールド320内の数値を書き換えることにより、競合資源60の獲得及び解放の処理を行うことができる。そして、この場合、優先情報処理部340は、他の情報処理部と排他的に資源情報格納領域300にアクセスできることが保証されているので、処理時間の長いCompare And Swap命令等を用いることなく、これらの命令より処理時間の短い読み出し及び書き込み命令により競合資源60を獲得することができる。

#### 【0092】

図11(D)は、図11(B)又は図11(C)において、非優先情報処理部350-1が競合資源60の獲得を試行した状態を示す。競合資源60の獲得を試行する場合に、非優先情報処理部350-1は、資源情報格納領域300への排他アクセス権を獲得する。競合資源60の獲得を試行しうる他の非優先情報処

理部と、通常モードへの移行処理を重複して行うことを避けるためである。

#### 【0093】

優先権除去部370は、通常モードである旨を示す方式種別情報、即ち「0」を方式種別フィールド330に格納し、通常モードにおいてモニター制御部410により用いられるモニター情報を優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320に格納する。これに代えて、通常モードにおいて用いられる情報のサイズが、優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320の合計サイズより大きい場合には、優先権除去部370は、通常モードにおいて用いられるモニター情報を格納するモニター構造体を、メモリ内の所定の領域に生成し、当該モニター構造体の所在を示す情報を優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320に格納してもよい。

#### 【0094】

図12は、第2実施形態において、優先情報処理部340又は非優先情報処理部350が競合資源の獲得を試みる動作フローを示す。本図において、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350のそれぞれが略同一に動作する部分があるので、当該部分においては、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350のそれぞれを情報処理部と総称する。競合資源60を獲得する指示を受けると、まず、情報処理部は、資源情報格納領域300を読み出す(S800)。読み出した情報に基づいて、情報処理部は、競合資源60の獲得方式が通常モードに設定されていると判断した場合に(S810: NO)、モニター制御部410を用いたモニター方式により競合資源60の獲得を試行する(S820)。

#### 【0095】

一方、情報処理部は、競合資源60の獲得方式が優先モードに設定されていると判断した場合に(S810: YES)、優先権情報フィールド310が匿名状態情報を格納しているか否かを判断する(S830)。匿名状態情報を格納されている場合に(S830: YES)、情報処理部は、他の情報処理部と排他的に、当該情報処理部が優先情報処理部340である旨を示す優先権情報と、当該情報処理部が競合資源60を獲得した旨を示す資源情報を、資源情報格納領域300に書き込み試行する(S840)。即ち、排他制御装置20は、競合資源6

0を初めて獲得した情報処理部を、優先情報処理部340に設定し、優先情報処理部340を除く他の情報処理部を非優先情報処理部350と設定する。優先権情報及び資源情報の書き込みに成功した場合に（S850：YES）、情報処理部は、競合資源60を獲得し（S860）、競合資源60を用いた他の処理を行う。優先権情報及び資源情報の書き込みに失敗した場合に（S850：NO）、情報処理部は、処理をS800に戻す。

#### 【0096】

優先権情報フィールド310が匿名状態情報を格納していない場合に（S830：NO）、情報処理部は、当該情報処理部が優先情報処理部340であるか、即ち優先権情報フィールド310に当該情報処理部を識別する情報が格納されているか否かを判断する（S870）。当該情報処理部が優先情報処理部340でない場合に（S870：NO）、非優先情報処理部350は、優先情報処理部340の優先権を除去する処理を行った（S880）後に、モニター制御部410を用いたモニター方式により競合資源60の獲得を試行する（S890）。一方、当該情報処理部が優先情報処理部340である場合に（S870：YES）、優先情報処理部340は、競合資源60の再帰獲得の段階が限界に達したか否かを判断する（S900）。再帰獲得の段階が限界に達した場合に（S900：YES）、優先情報処理部340は、上述したS880の処理に移る。即ち、優先情報処理部340は、新たに獲得しようとしている競合資源60の再帰獲得の段階が、予め定められたデータサイズの再帰獲得段階フィールド320を用いてカウントすることができる再帰獲得の限界（例えば、図11（C'）の状態）を超える場合には、より多くの段階を許容し得るモニター方式により競合資源60の獲得を試みる。

#### 【0097】

再帰獲得が限界に達していない場合に（S900：YES）、優先情報処理部340は、再帰獲得段階フィールド320内の資源情報を更新する処理、例えば、既に格納されている値に1を加える処理を行う。そして、優先情報処理部340は、競合資源60を獲得し（S860）、競合資源60を用いた他の処理を行う。

**【0098】**

図13は、図12におけるS880の詳細を示す動作フローを示す。本フローを実行中の情報処理部は、当該情報処理部が優先情報処理部340であるか否かを判断する(S920)。情報処理部は、当該情報処理部が優先情報処理部340でない場合に(S920: NO)、優先情報処理部340の動作を停止する(S930)。続いて、情報処理部は、資源情報格納領域300の内容を読み出す(S940)。情報処理部は、既に優先権の除去処理が終了しているか否かを、例えば、方式種別フィールド330に格納される方式種別情報が通常モードを示すか否かにより判断する(S950)。

**【0099】**

既に優先権の除去処理が終了している場合に(S950: YES)、情報処理部は、優先情報処理部の動作を再開し(S955)、優先権除去処理を終了する。一方、未だ優先権の除去処理が終了していない場合に(S950: NO)、情報処理部は、他の情報処理部と排他的に資源情報格納領域300へアクセスする権利を獲得し、モニタ一方式により競合資源60を獲得する処理に必要なデータを優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320に書き込む(S960)。当該書き込みが成功しなかった場合に(S970: NO)、情報処理部は、S940に戻る。当該書き込みが成功した場合に(S970: YES)、情報処理部は、優先情報処理部340が第2の処理を処理中であるか否かを判断する(S980)。

**【0100】**

優先情報処理部340が第2の処理を処理中である場合に(S980: YES)、実行状態設定部400は、優先情報処理部340の実行状態を、第2の処理により競合資源60を獲得しない状態に設定する(S990)。例えば、優先情報処理部340が図12におけるS800において資源情報を読み出してから、S830、S870、及びS900を順次実行し、S910において資源情報を書き込むまでの処理を実行中である場合には、実行状態設定部400は、優先情報処理部340の実行状態を、S800を実行する前の状態に設定する。また、優先情報処理部340が後述する図14におけるS997において、資源情報格

納領域300を読み出してから、S1010における競合資源の解放を終了するまでの間を実行中である場合においても、実行状態設定部400は、優先情報処理部340の実行状態を、S997を実行する前の状態に設定する。

#### 【0101】

図14は、第2実施形態において、優先情報処理部340又は非優先情報処理部350が競合資源を解放する動作フローを示す。本図において、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350のそれぞれの動作をまとめて説明するので、優先情報処理部340及び非優先情報処理部350のそれぞれを情報処理部と総称する。競合資源60を解放する指示を受けると、まず、情報処理部は、資源情報格納領域300の内容を読み出し(S997)、方式種別フィールド330を参照することにより、競合資源60の獲得方式が通常モードに設定されているか否かを判断する(S1000)。

#### 【0102】

優先モードに設定されている場合に(S1000: YES)、情報処理部は、再帰獲得段階フィールド320中の値を1減じる処理により資源情報を更新し(S1005)、競合資源60を解放する(S1010)。一方、通常モードに設定されている場合に(S1000: NO)、情報処理部は、モニター制御部410を用いたモニター方式により競合資源60を解放する(S1020)。

#### 【0103】

(変形例)

図15は、第2実施形態の変形例におけるS880の詳細を示す動作フローを示す。本図で説明する動作フローは、図13で説明した動作フローのS980に代えて、S1030を有する構成をとる。

#### 【0104】

情報処理部は、モニター方式により競合資源60を獲得する処理に必要なデータを優先権情報フィールド310及び再帰獲得段階フィールド320に書き込み(S960)、当該書き込みが成功した場合に(S970: YES)、優先情報処理部340による資源獲得命令を無効化する(S1030)。資源獲得命令とは、例えば、図12で説明したS910及びS1010の動作、即ち、優先情報

処理部340による競合資源60を獲得するための資源情報格納領域への資源情報の書き込み処理である。情報処理部は、この資源獲得命令を無効化することにより、優先情報処理部340が第2の処理を実行中であっても、優先情報処理部340に競合資源60を獲得させることなく、モニター方式に移行することができる。

### 【0105】

なお、情報処理部が、資源獲得命令（S910）及び資源解放命令（S1010）を単に無効化してしまうと、優先情報処理部340は、図12に示した処理を終了した時点で、競合資源60を獲得できたか否かを正しく判断できず、図14を終了した時点で、競合資源60を解放できたか否かを正しく判断することができない。したがって、情報処理部は、資源獲得命令を無効化すると併に、優先情報処理部340に競合資源60の獲得又は解放を再試行させる必要がある。

そこで、排他制御装置20は、プレディケートレジスタを用いた条件付命令実行機能を用いて、命令の無効化と、競合資源60の獲得の再試行とを実現する。プレディケートレジスタを用いた条件付命令実行機能とは、プロセッサの各命令に対応付けられたプレディケートレジスタの値が1の場合のみ、当該命令を実行する機能である。本変形例では、S910及びS1010を処理する命令に予めプレディケートレジスタ1を対応付けておく。プレディケートレジスタ1は予め1に設定される。更に、S910が無効化された場合に実行される箇所に、S800に処理を戻す命令を予め設けておく。同様に、S1010が無効化された場合に実行される箇所に、S997に処理を戻す命令を予め設けておく。情報処理部は、優先情報処理部340のプレディケートレジスタ1を0に設定することにより、資源獲得命令及び資源解放命令を無効化すると併に、S800及びS997のそれぞれに処理を戻させることができる。

### 【0106】

図16は、排他制御装置10のハードウェア構成の一例を示す。本実施形態に係る排他制御装置10は、ホストコントローラ1082により相互に接続されるCPU1000、RAM1020、グラフィックコントローラ1075、及び表示装置1080を有するCPU周辺部と、入出力コントローラ1084によりホ

ストコントローラ1082に接続される通信インターフェイス1030、ハードディスクドライブ1040、及びCD-ROMドライブ1060を有する入出力部と、入出力コントローラ1084に接続されるROM1010、フレキシブルディスクドライブ1050、及び入出力チップ1070を有するレガシー入出力部とを備える。

#### 【0107】

ホストコントローラ1082は、RAM1020と、高い転送レートでRAM1020をアクセスするCPU1000及びグラフィックコントローラ1075とを接続する。CPU1000は、ROM1010及びRAM1020に格納されたプログラムに基づいて動作し、各部の制御を行う。グラフィックコントローラ1075は、CPU1000等がRAM1020内に設けたフレームバッファ上に生成する画像データを取得し、表示装置1080上に表示させる。これに代えて、グラフィックコントローラ1075は、CPU1000等が生成する画像データを格納するフレームバッファを、内部に含んでもよい。

#### 【0108】

入出力コントローラ1084は、ホストコントローラ1082と、比較的高速な入出力装置である通信インターフェイス1030、ハードディスクドライブ1040、CD-ROMドライブ1060、及び記憶装置インターフェイス1085を接続する。通信インターフェイス1030は、ネットワークを介して他の装置と通信する。ハードディスクドライブ1040は、排他制御装置10が使用するプログラム及びデータを格納する。CD-ROMドライブ1060は、CD-ROM1095からプログラム又はデータを読み取り、入出力コントローラ1084を介してRAM1020に提供する。

#### 【0109】

また、入出力コントローラ1084には、ROM1010と、フレキシブルディスクドライブ1050や入出力チップ1070等の比較的低速な入出力装置とが接続される。ROM1010は、排他制御装置10の起動時にCPU1000が実行するブートプログラムや、排他制御装置10のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。フレキシブルディスクドライブ1050は、フレキシブル

ルディスク1090からプログラム又はデータを読み取り、入出力コントローラ1084を介してRAM1020に提供する。入出力チップ1070は、フレキシブルディスク1090や、例えばパラレルポート、シリアルポート、キーボードポート、マウスポート等を介して各種の入出力装置を接続する。

#### 【0110】

排他制御装置10に提供されるプログラムは、フレキシブルディスク1090、CD-ROM1095、又はICカード等の記録媒体に格納されて利用者によって提供される。プログラムは、記録媒体から読み出され、入出力コントローラ1084を介して排他制御装置10にインストールされ、排他制御装置10において実行される。

#### 【0111】

排他制御装置10にインストールされて実行されるプログラムは、優先情報処理モジュールと、非優先情報処理モジュールと、獲得可否判断モジュールと、優先情報処理部変更モジュールと、モニター制御モジュールと、全停止モジュールとを含む。各モジュールが排他制御装置10に働きかけて行わせる動作は、図1から図9において説明した排他制御装置10における、対応する部材の動作と同一であるから、説明を省略する。

#### 【0112】

なお、排他制御装置20のハードウェア構成は、本図に示した構成と略同一であるので説明を省略する。排他制御装置20にインストールされて実行されるプログラムは、優先情報処理モジュールと、非優先情報処理モジュールと、優先情報処理部停止モジュールと、優先権除去モジュールと、過渡状態判断モジュールと、実行状態取得通知モジュールと、実行状態設定モジュールと、モニター制御モジュールとを含む。各モジュールが排他制御装置20に働きかけて行わせる動作は、図10から図15において説明した排他制御装置20における、対応する部材の動作と同一であるから、説明を省略する。

#### 【0113】

以上に示したプログラム又はモジュールは、外部の記録媒体に格納されてもよい。記録媒体としては、フレキシブルディスク1090、CD-ROM1095

の他に、DVDやPD等の光学記録媒体、MD等の光磁気記録媒体、テープ媒体、ICカード等の半導体メモリ等を用いることができる。また、専用通信ネットワークやインターネットに接続されたサーバシステムに設けたハードディスク又はRAM等の記憶装置を記録媒体として使用し、ネットワークを介してプログラムを排他制御装置10に提供してもよい。

#### 【0114】

以上、本発明を実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に、多様な変更または改良を加えることができる。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

#### 【0115】

以上に説明した実施形態によれば、以下の各項目に示す記憶装置、記憶装置を制御するプログラム、記憶装置の制御方法、及び記録媒体が実現される。

#### 【0116】

(請求項1) 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置であって、前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情報処理部とを備えることを特徴とする排他制御装置。

(請求項2) 前記優先情報処理部が前記競合資源の獲得を試みている旨を示す優先排他権情報を格納する優先排他権格納領域と、前記複数の非優先情報処理部のうち何れが、前記非優先排他権を獲得しているかを識別する非優先排他権情報を格納する非優先排他権格納領域とを更に備え、前記非優先情報処理部のそれぞれは、前記第1の処理として、他の前記非優先情報処理部と排他的に、前記非優先排他権情報を既に格納されていない場合において当該非優先情報処理部が前記予約排他権を獲得していることを示す前記非優先排他権情報を格納し、前記優先情報処理部は、前記第2の処理として、前記優先排他権情報を格納した後に前記非優先排他権格納領域を読み出し、前記非優先排他権情報が既に格納されている

場合において前記競合資源を獲得せず、前記非優先排他権情報が格納されていない場合において前記競合資源を獲得することを特徴とする請求項1記載の排他制御装置。

### 【0117】

(請求項3) 前記非優先排他権格納領域は、前記複数の情報処理部のうち何れが前記優先情報処理部かを示す優先情報処理部情報と、前記非優先排他権情報との何れか一方を格納し、前記非優先排他権格納領域が前記非優先排他権情報及び前記優先情報処理部情報の何れを格納するかを示す情報を格納する領域利用種別格納領域を更に備え、前記非優先排他権格納領域が前記非優先排他権情報を格納する場合に、前記優先情報処理部及び前記複数の非優先情報処理部のそれぞれは、前記第1の処理により前記非優先排他権を獲得し、前記非優先排他権を獲得した場合に、前記競合資源を獲得することを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

(請求項4) 前記第2の処理において、前記非優先排他権情報が既に格納されると判断された場合に、当該優先情報処理部を非優先情報処理部に変更する優先情報処理部変更部を更に備えることを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

(請求項5) 前記第1の処理又は前記第2の処理により前記競合資源の獲得が失敗したか否かを判断する獲得可否判断部と、前記競合資源の獲得が失敗したと判断された場合に、当該競合資源の獲得を待機する全ての前記情報処理部を予め記録し、前記競合資源を解放した情報処理部が、当該競合資源の獲得を待機する情報処理部に、前記競合資源を解放した旨を通知するモニター方式により排他制御を行うモニター制御部とを更に備えることを特徴とする請求項2記載の排他制御装置。

### 【0118】

(請求項6) 何れの前記情報処理部が、前記優先情報処理部かを示す優先情報処理部情報を格納する優先情報処理部情報格納領域と、複数の前記情報処理部の何れかに、他の前記情報処理部と排他的に、前記優先情報処理部情報が既に格納されていない場合において当該情報処理部が前記優先情報処理部である旨を示す前記優先情報処理部情報を格納する処理を行わせる優先情報処理部設定部とを備

えることを特徴とする請求項 1 記載の排他制御装置。

(請求項 7) 前記競合資源を初めて獲得した前記情報処理部を、前記優先情報処理部に設定し、当該優先情報処理部を除く他の前記情報処理部を前記非優先情報処理部と設定する優先情報処理部設定部とを更に備えることを特徴とする請求項 1 記載の排他制御装置。

(請求項 8) 前記非優先情報処理部の何れかを、前記優先情報処理部に変更する優先情報処理部変更部を更に備えることを特徴とする請求項 1 記載の排他制御装置。

#### 【0119】

(請求項 9) 全ての前記複数の情報処理部を停止させる全停止部を更に備え、前記優先情報処理部変更部は、停止された時点で前記競合資源を獲得している前記非優先情報処理部を、前記優先情報処理部に変更することを特徴とする請求項 8 記載の排他制御装置。

(請求項 10) 前記複数の情報処理部のいずれかにより前記競合資源が獲得されているか否かを示す資源情報を、前記優先情報処理部が存在する旨を示す優先権情報に対応付けて格納する資源情報格納領域を更に備え、前記優先情報処理部は、前記第 2 の処理として、前記資源情報格納領域から情報を読み出す処理と、前記優先権情報が格納されている場合に前記資源情報を前記資源情報格納領域に書き込む処理を行い、前記非優先情報処理部のそれぞれは、前記優先情報処理部を停止させる優先情報処理部停止部と、前記優先情報処理部を停止させた場合に、前記第 1 の処理により他の情報処理部とは排他的に、前記優先権情報を前記資源情報格納領域から取り除く優先権除去部と、停止させた前記優先情報処理部が、前記第 2 の処理を実行中であるか否かを判断する過渡状態判断部と、前記第 2 の処理を実行中と判断された場合に、前記優先情報処理部の実行状態を、当該第 2 の処理により前記競合資源を獲得しない状態に設定する実行状態設定部とを有することを特徴とする請求項 1 記載の排他制御装置。

#### 【0120】

(請求項 11) 前記実行状態設定部は、前記優先情報処理部を実現するプログラムの実行位置を示す実行位置情報を、前記資源情報格納領域を読み出す前の状

態に設定することにより前記実行状態を設定することを特徴とする請求項 10 記載の排他制御装置。

(請求項 12) 前記実行状態設定部は、前記第 2 の処理における前記資源情報格納領域への書き込み処理を無効化することを特徴とする請求項 10 記載の排他制御装置。

(請求項 13) 前記資源情報格納領域に前記優先情報処理部が存在しない旨の情報が格納された場合に、当該競合資源の獲得を待機する全ての前記情報処理部を予め記録し、前記競合資源を解放した情報処理部が、当該競合資源の獲得を待機する情報処理部に、前記競合資源を解放した旨を通知するモニター方式により排他制御を行うモニター制御部を備えることを特徴とする請求項 10 記載の排他制御装置。

#### 【0121】

(請求項 14) 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御装置であって、第 1 の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、前記第 1 のスレッドとは異なる第 2 のスレッドに通知する実行状態取得通知部と、前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第 2 のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第 1 のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部とを備えることを特徴とする排他制御装置。

(請求項 15) 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御方法であって、前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第 1 の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理段階と、前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第 1 の処理より処理時間が短い第 2 の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情報処理段階とを備えることを特徴とする排他制御方法。

#### 【0122】

(請求項 16) 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御

方法であって、第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知段階と、前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定段階とを備えることを特徴とする排他制御方法。

(請求項17) 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムであって、前記コンピュータを、前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に獲得する優先情報処理部として機能させることを特徴とするプログラム。

### 【0123】

(請求項18) 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムであって、前記コンピュータを、第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知部と、前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部として機能させることを特徴とするプログラム。

(請求項19) 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムは、前記コンピュータを、前記競合資源を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部と、前記非優先排他権を獲得した前記非優先情報処理部との間で、前記第1の処理より処理時間が短い第2の処理により、前記競合資源を排他的に

獲得する優先情報処理部として機能させることを特徴とする記録媒体。

#### 【0124】

(請求項20) 同一の競合資源を獲得し得る複数のスレッドの何れかに、当該スレッドとは異なる他のスレッドと排他的に前記競合資源を獲得させる排他制御装置としてコンピュータを機能させるプログラムを記録した記録媒体であつて、前記プログラムは、前記コンピュータを、第1の前記スレッドにおけるプログラムの実行位置を示す実行位置情報を取得し、前記第1のスレッドとは異なる第2のスレッドに通知する実行状態取得通知部と、前記実行位置情報が前記競合資源に獲得する旨を示す場合において、前記第2のスレッドによって、前記競合資源に獲得しない実行位置情報を前記第1のスレッドに設定する処理を行わせる実行状態設定部として機能させることを備えることを特徴とする記録媒体。

#### 【0125】

##### 【発明の効果】

上記説明から明らかなように、本発明によれば、特定の情報処理部のみが頻繁に競合資源の獲得及び解放を行う場合に、競合資源の獲得の排他性を保証しつつ、競合資源の獲得を高速化することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

###### 【図1】

図1は、第1実施形態における排他制御装置10の機能ブロック図。

###### 【図2】

図2は、第1実施形態におけるフラットロック格納部100の詳細を示す図。

###### 【図3】

図3は、第1実施形態において優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源の獲得を試みる動作フロー図。

###### 【図4】

図4は、図3におけるS100A及びBの詳細を示す動作フロー図。

###### 【図5】

図5は、図3におけるS170の詳細を示す動作フロー図。

###### 【図6】

図6は、優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源を解放する動作フロー図。

【図7】

図7は、第1実施形態の変形例における排他制御装置10の機能ブロック図。

【図8】

図8は、第1実施形態の変形例におけるフラットロック格納部100の詳細を示す図。

【図9】

図9は、第1実施形態の変形例において優先情報処理部150又は非優先情報処理部160が競合資源の獲得を試みる動作フロー図。

【図10】

図10は、第2実施形態における排他制御装置20の機能ブロック図。

【図11】

図11は、第2実施形態における資源情報格納領域300の詳細を示す図。

【図12】

図12は、第2実施形態において、優先情報処理部340又は非優先情報処理部350が競合資源の獲得を試みる動作フロー図。

【図13】

図13は、図12におけるS880の詳細を示す動作フロー図。

【図14】

図14は、第2実施形態において、優先情報処理部340又は非優先情報処理部350が競合資源を解放する動作フロー図。

【図15】

図15は、第2実施形態の変形例におけるS880の詳細を示す動作フロー図。

。

【図16】

図16は、排他制御装置10のハードウェア構成の一例を示す図。

【符号の説明】

10 排他制御装置

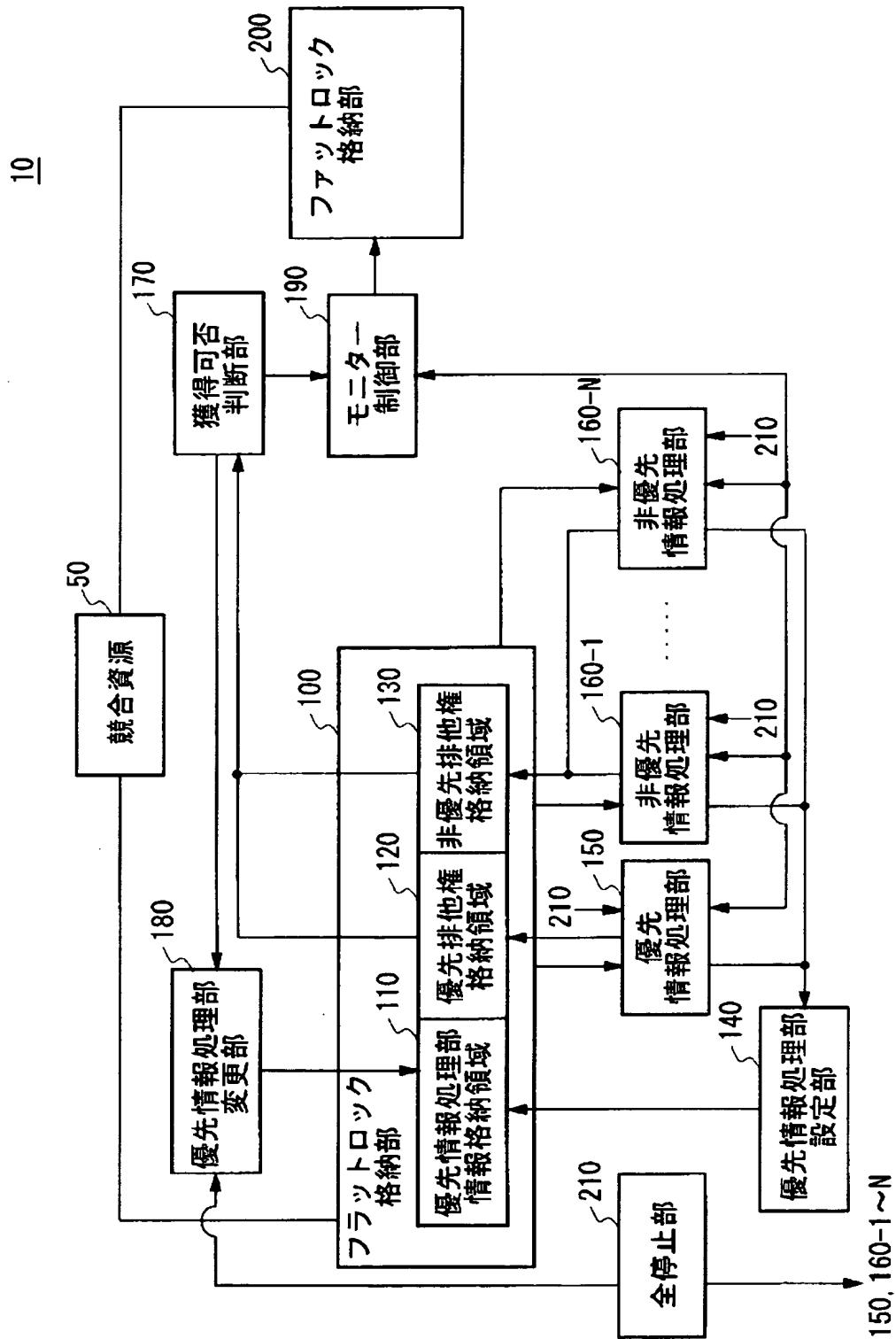
20 排他制御装置  
50 競合資源  
60 競合資源  
100 フラットロック格納部  
110 優先情報処理部情報格納領域  
115 領域利用種別格納領域  
120 優先排他権格納領域  
125 排他権格納領域  
130 非優先排他権格納領域  
135 情報処理部識別情報格納領域  
140 優先情報処理部設定部  
150 優先情報処理部  
160 非優先情報処理部  
170 獲得可否判断部  
180 優先情報処理部変更部  
190 モニター制御部  
200 フラットロック格納部  
210 全停止部  
300 資源情報格納領域  
310 優先権情報フィールド  
320 再帰獲得段階フィールド  
330 方式種別フィールド  
340 優先情報処理部  
350 非優先情報処理部  
360 優先情報処理部停止部  
370 優先権除去部  
380 過渡状態判断部  
390 実行状態取得通知部  
400 実行状態設定部

410 モニタ一制御部

出証特2003-3077559

【書類名】 図面

【図1】



【図2】

(A) 100

優先情報処理部 識別情報	優先排他権情報	非優先排他権情報
匿名状態	UNLOCKED	NOBODY

(B) 100

優先情報処理部 識別情報	優先排他権情報	非優先排他権情報
ID 1	UNLOCKED	NOBODY

(C) 100

優先情報処理部 識別情報	優先排他権情報	非優先排他権情報
ID 1	LOCKED	NOBODY

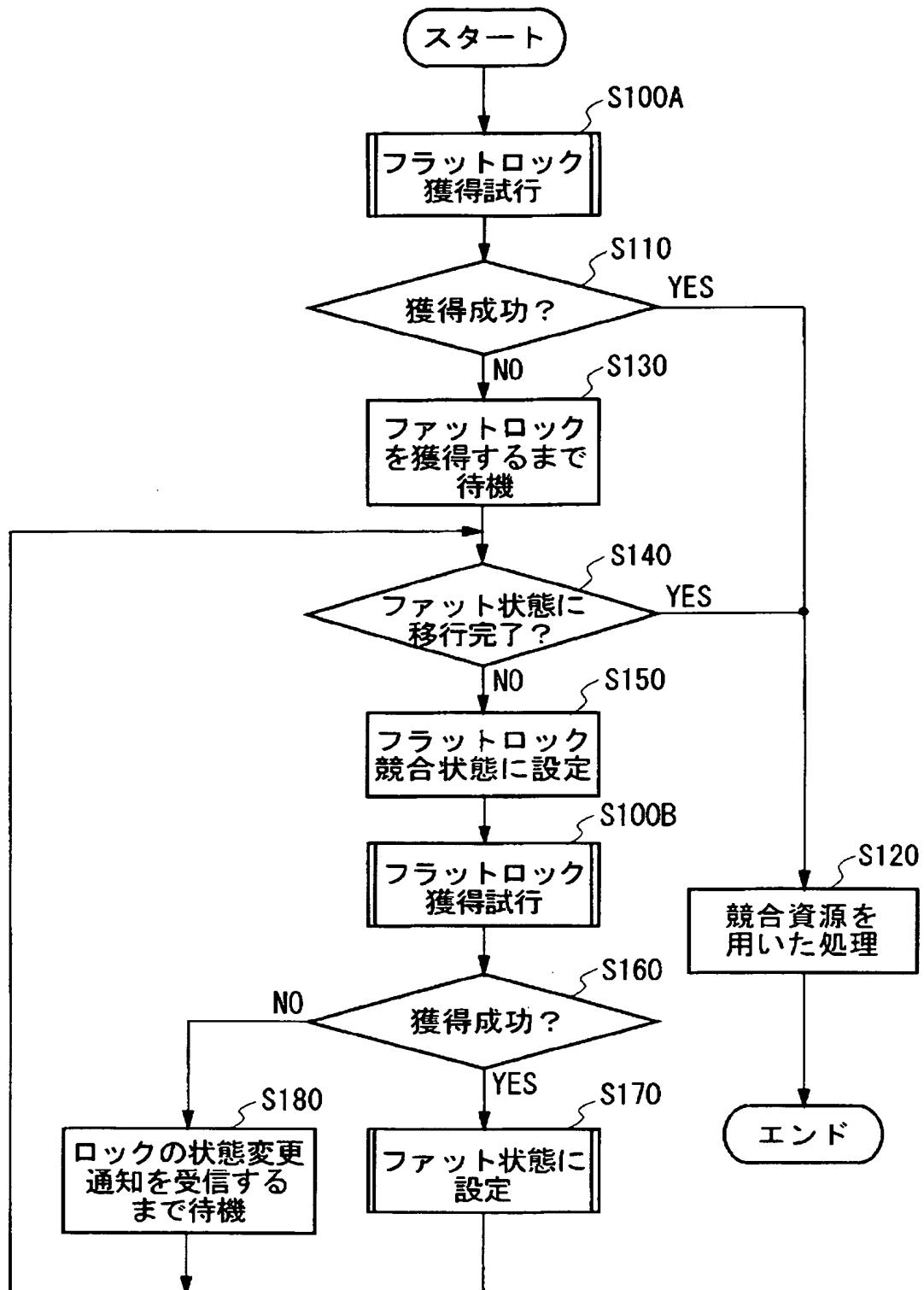
(D) 100

優先情報処理部 識別情報	優先排他権情報	非優先排他権情報
ID 1	UNLOCKED	ID 2

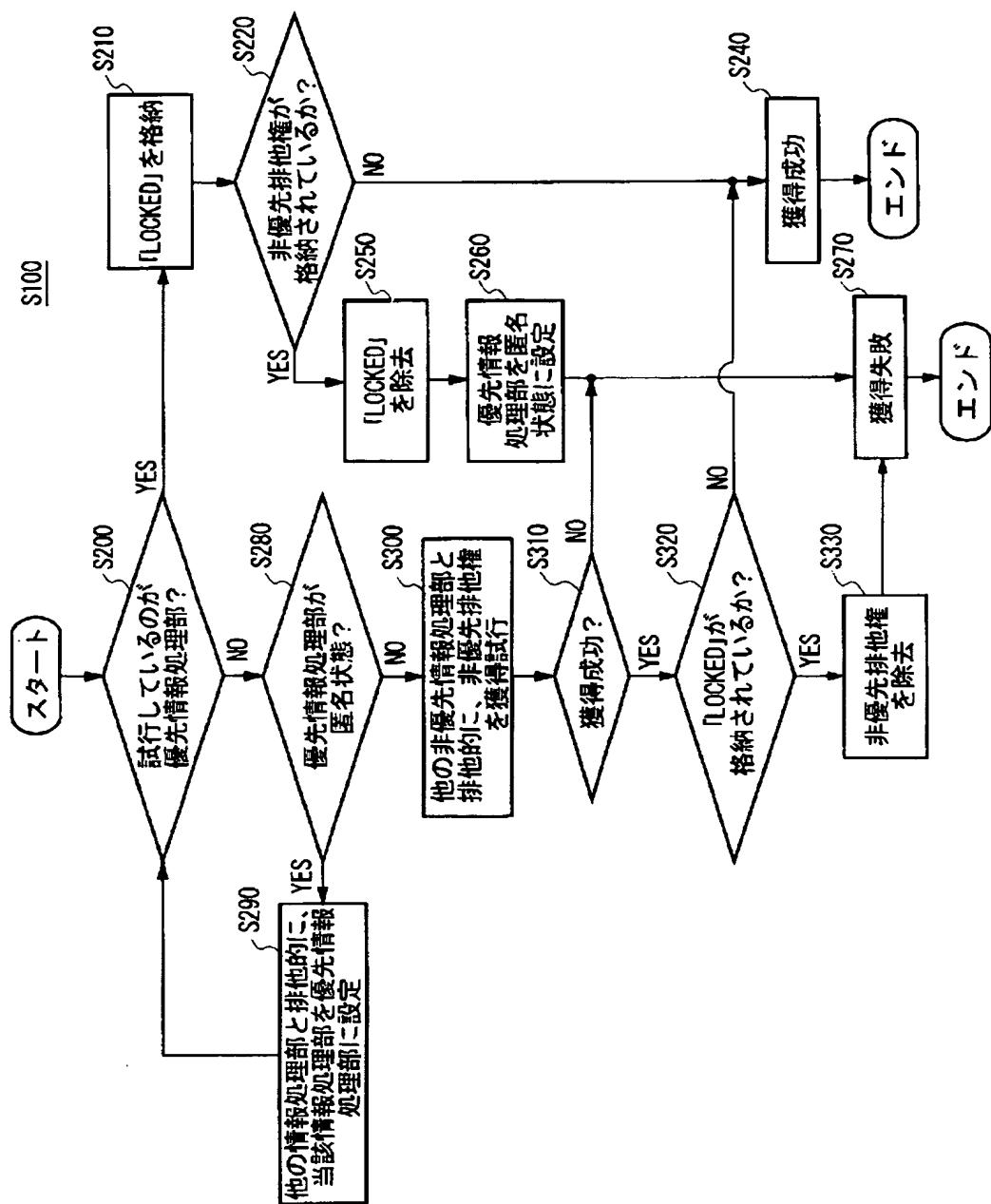
(E) 100

優先情報処理部 識別情報	優先排他権情報	非優先排他権情報
ID 1	LOCKED	ID 2

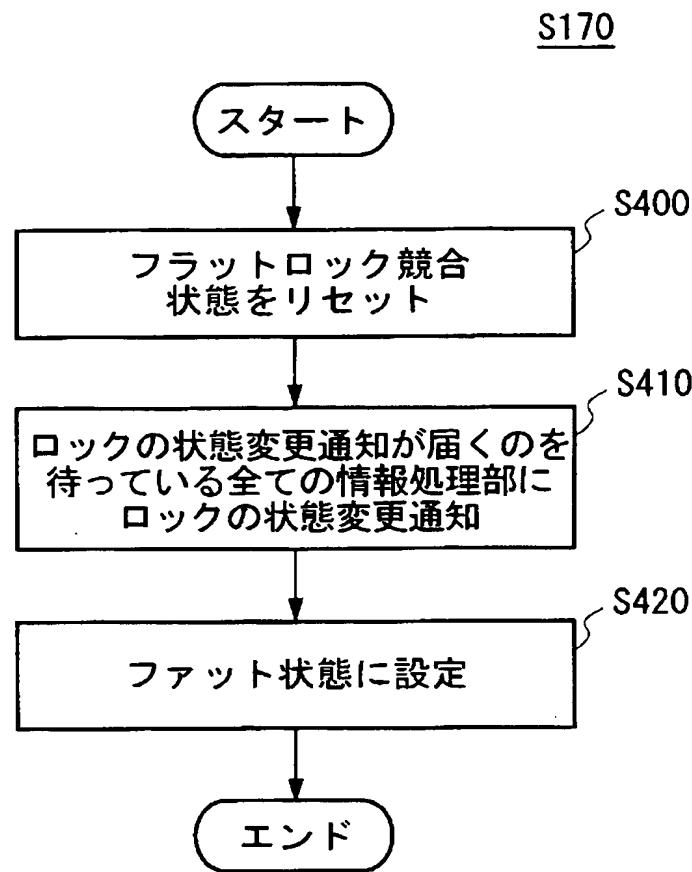
【図3】



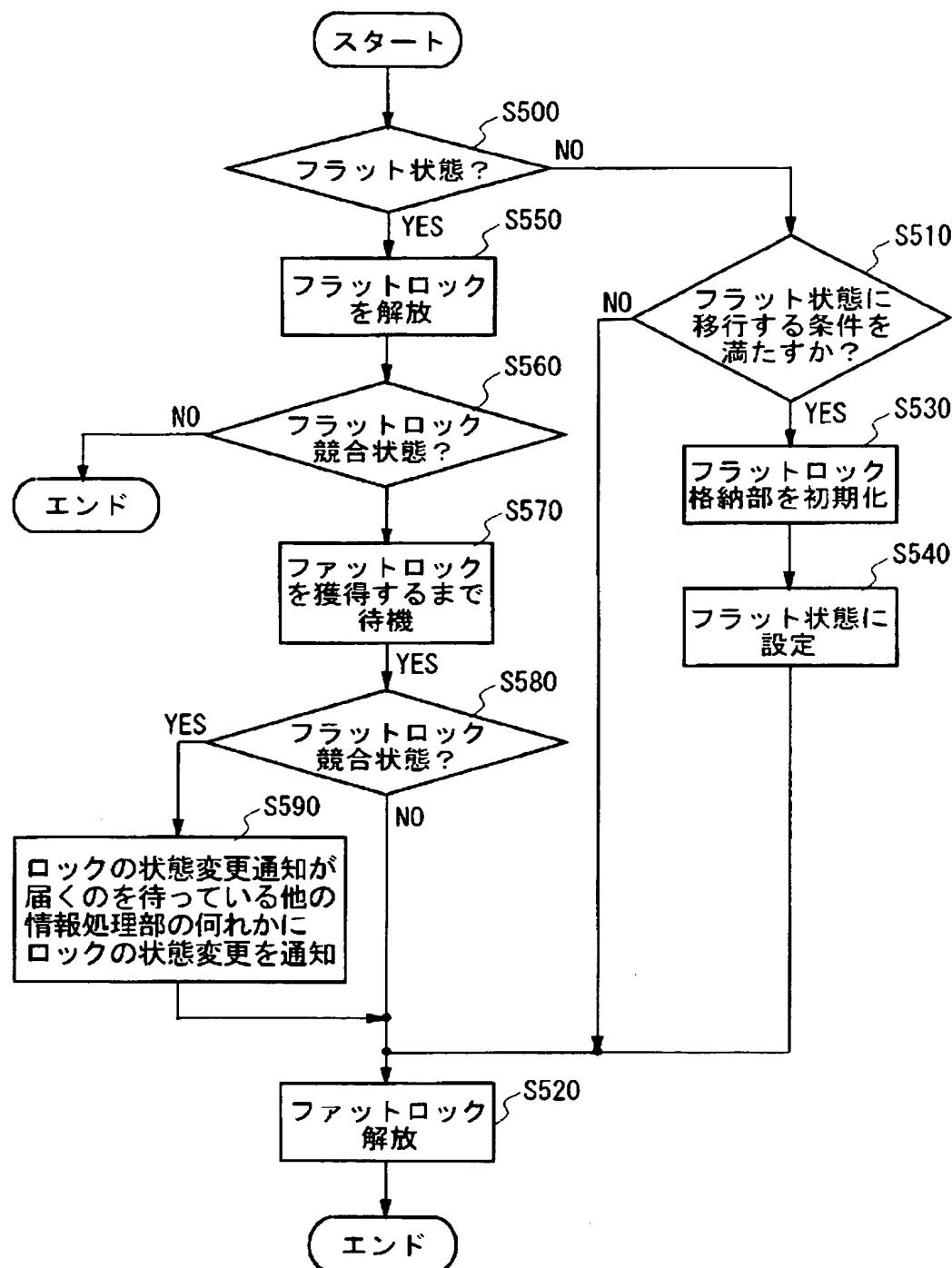
【図 4】



【図5】

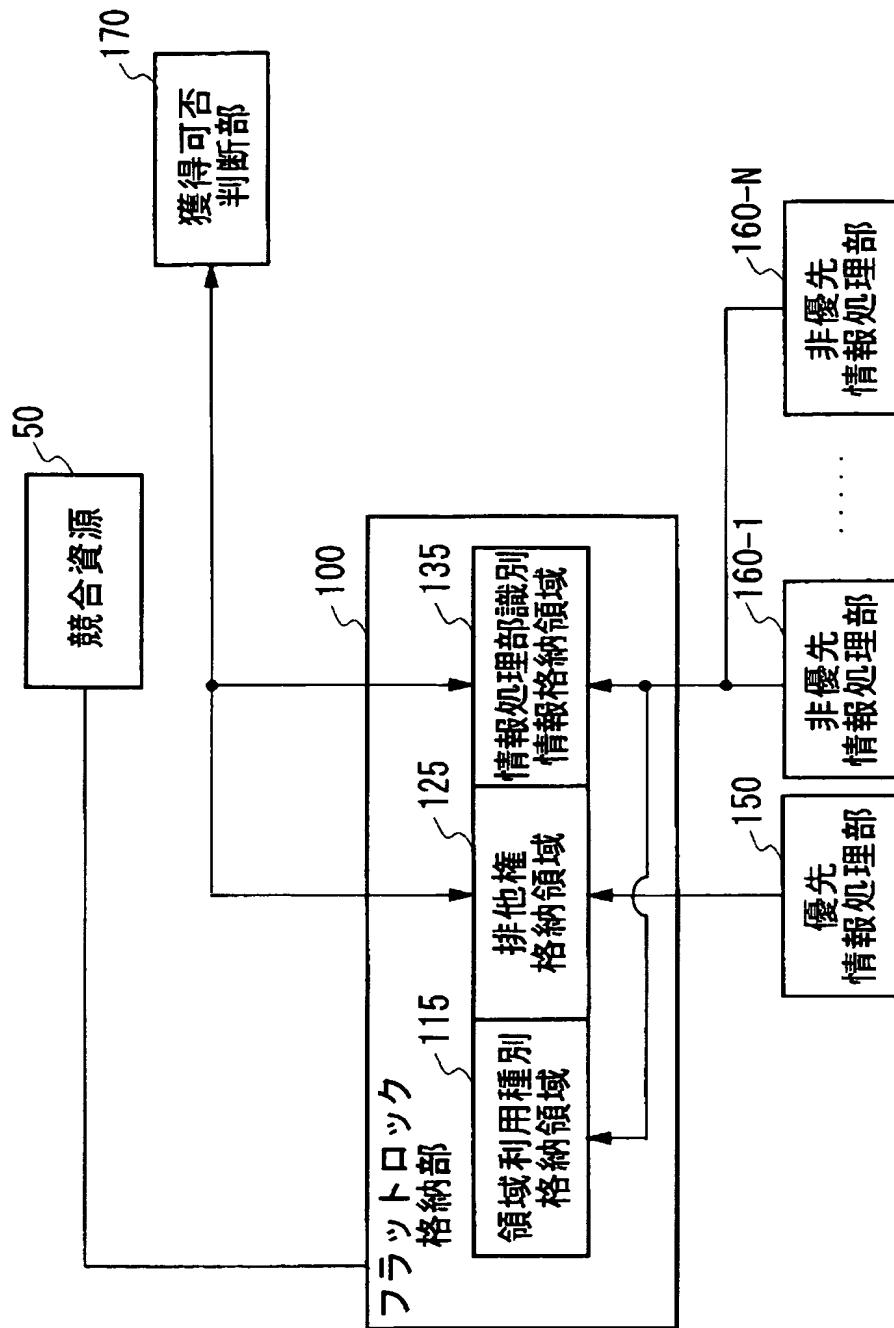


【図 6】



【図 7】

10



【図8】

(A) 100

領域利用種別	排他権	情報処理部 識別情報
優先情報処理部	UNLOCKED	I D 1

(B) 100

領域利用種別	排他権	情報処理部 識別情報
優先情報処理部	LOCKED	I D 1

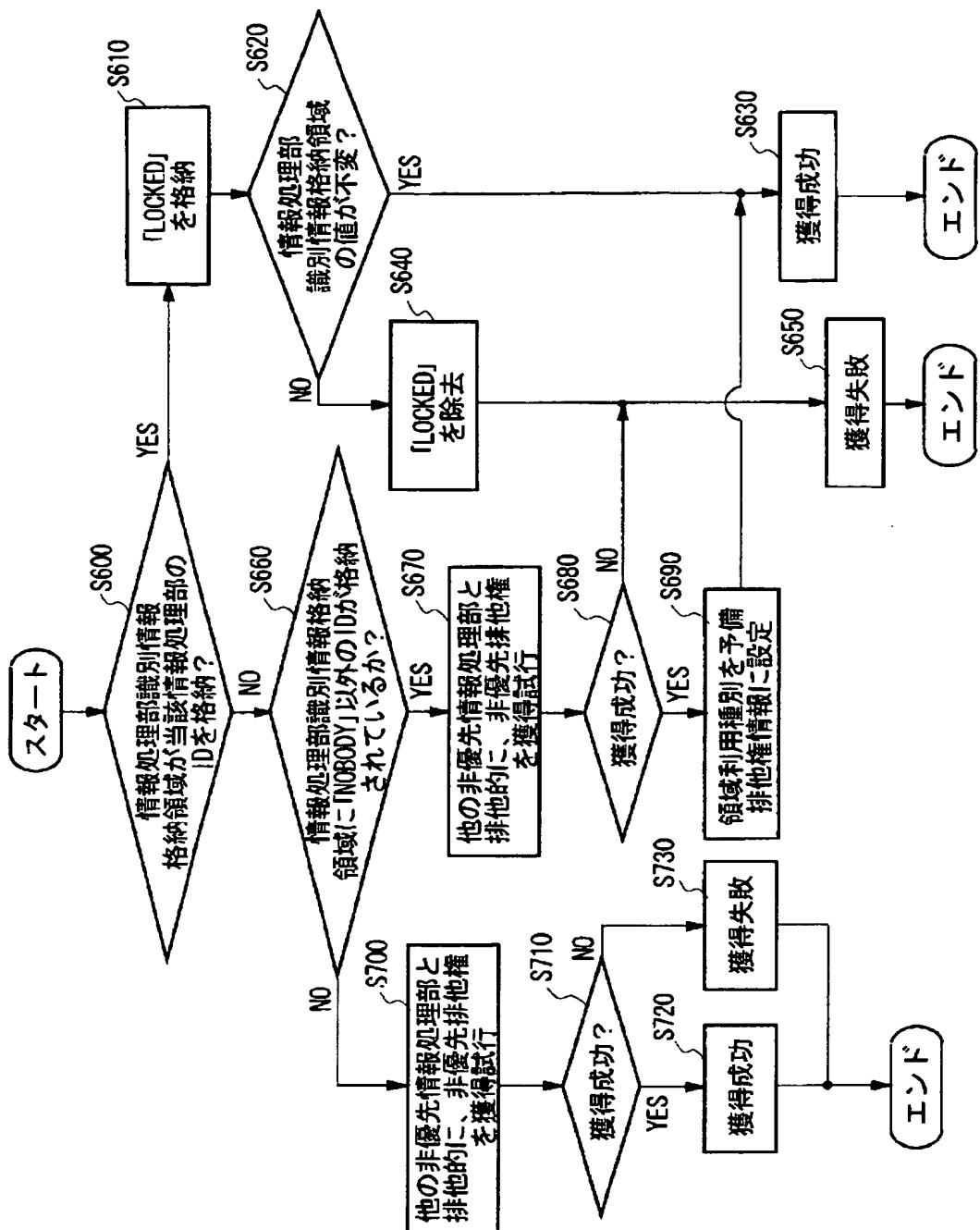
(C) 100

領域利用種別	排他権	情報処理部 識別情報
予備排他権	LOCKED	I D 2

(D) 100

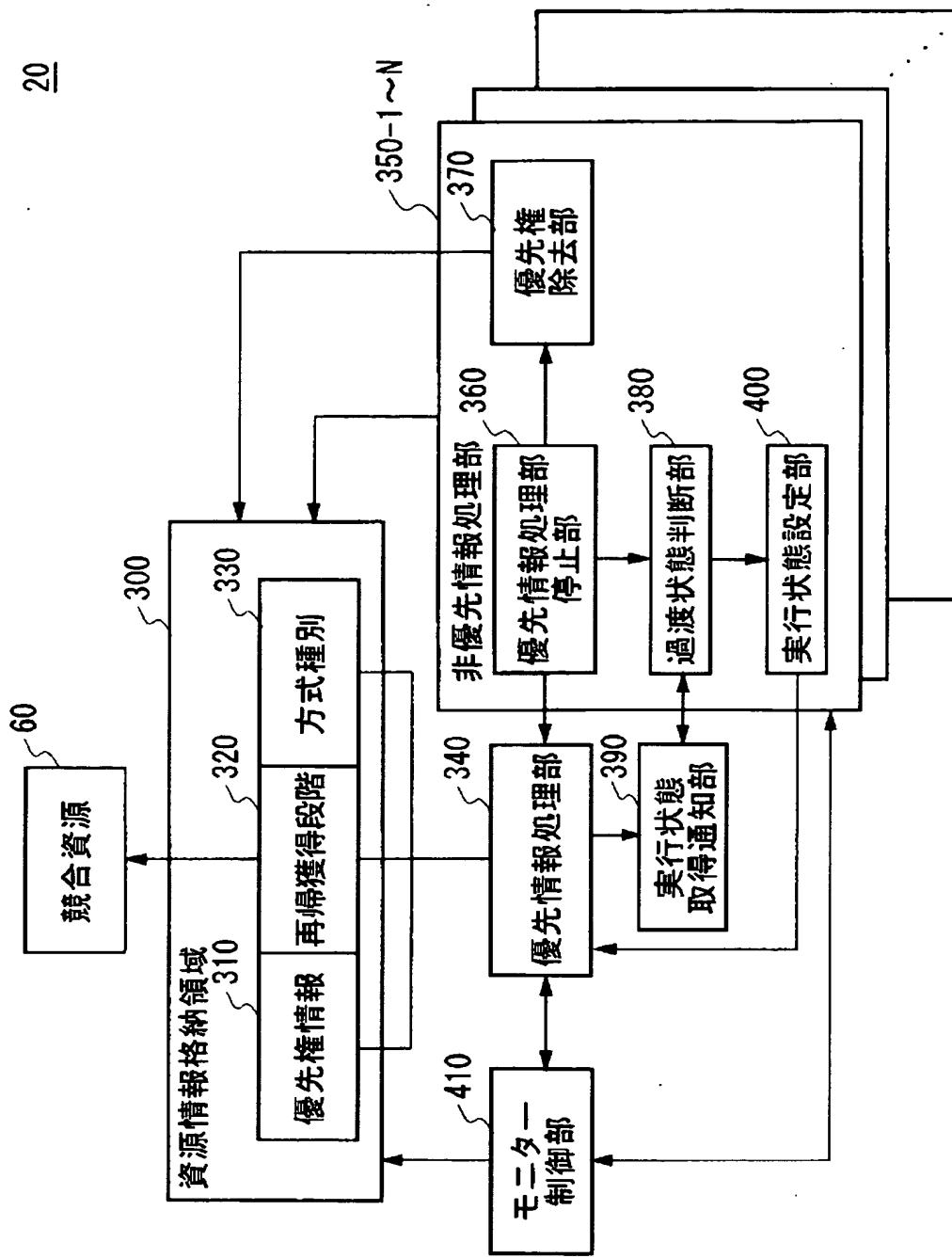
領域利用種別	排他権	情報処理部 識別情報
予備排他権	UNLOCKED	NOBODY

【図 9】

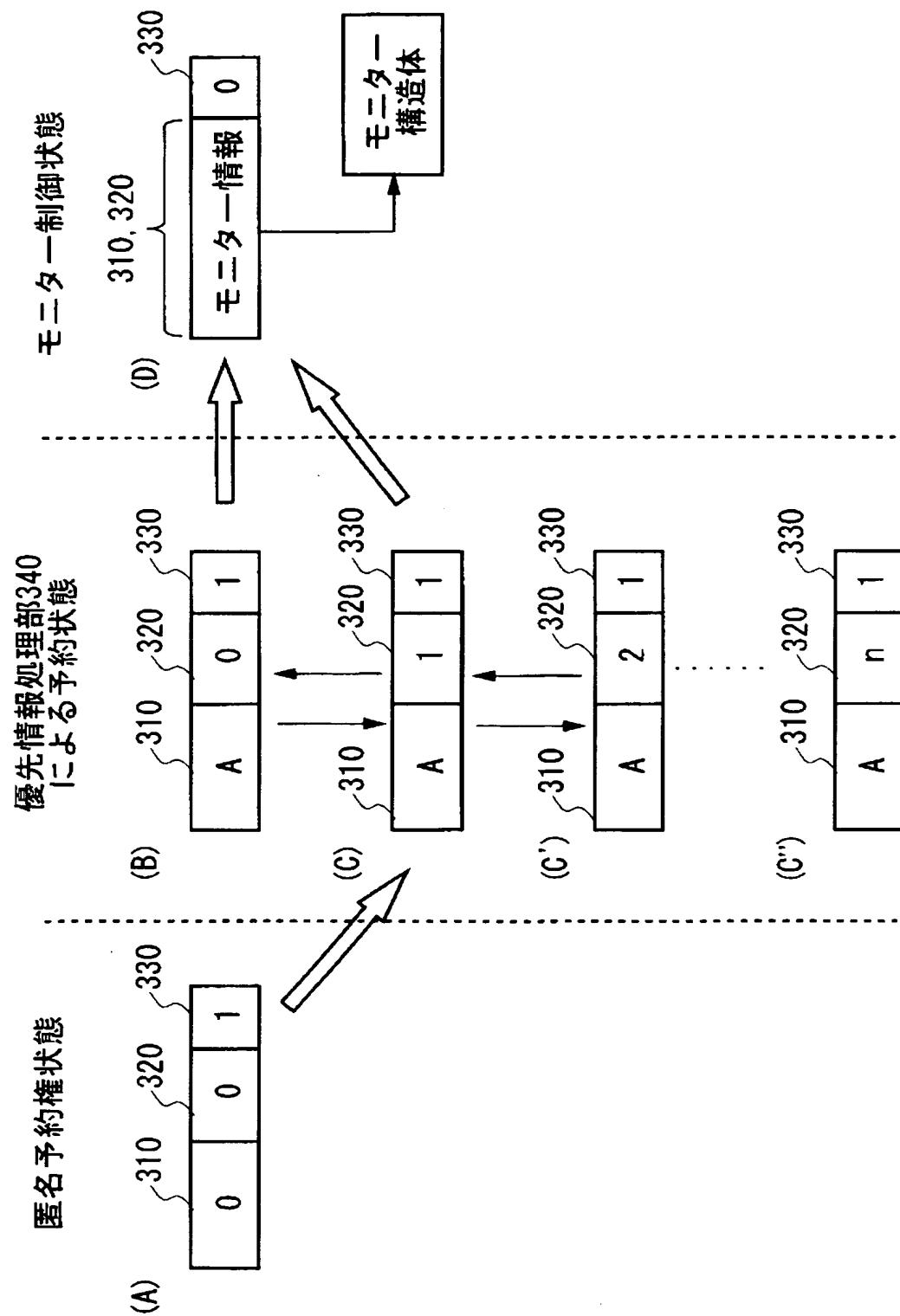


【図10】

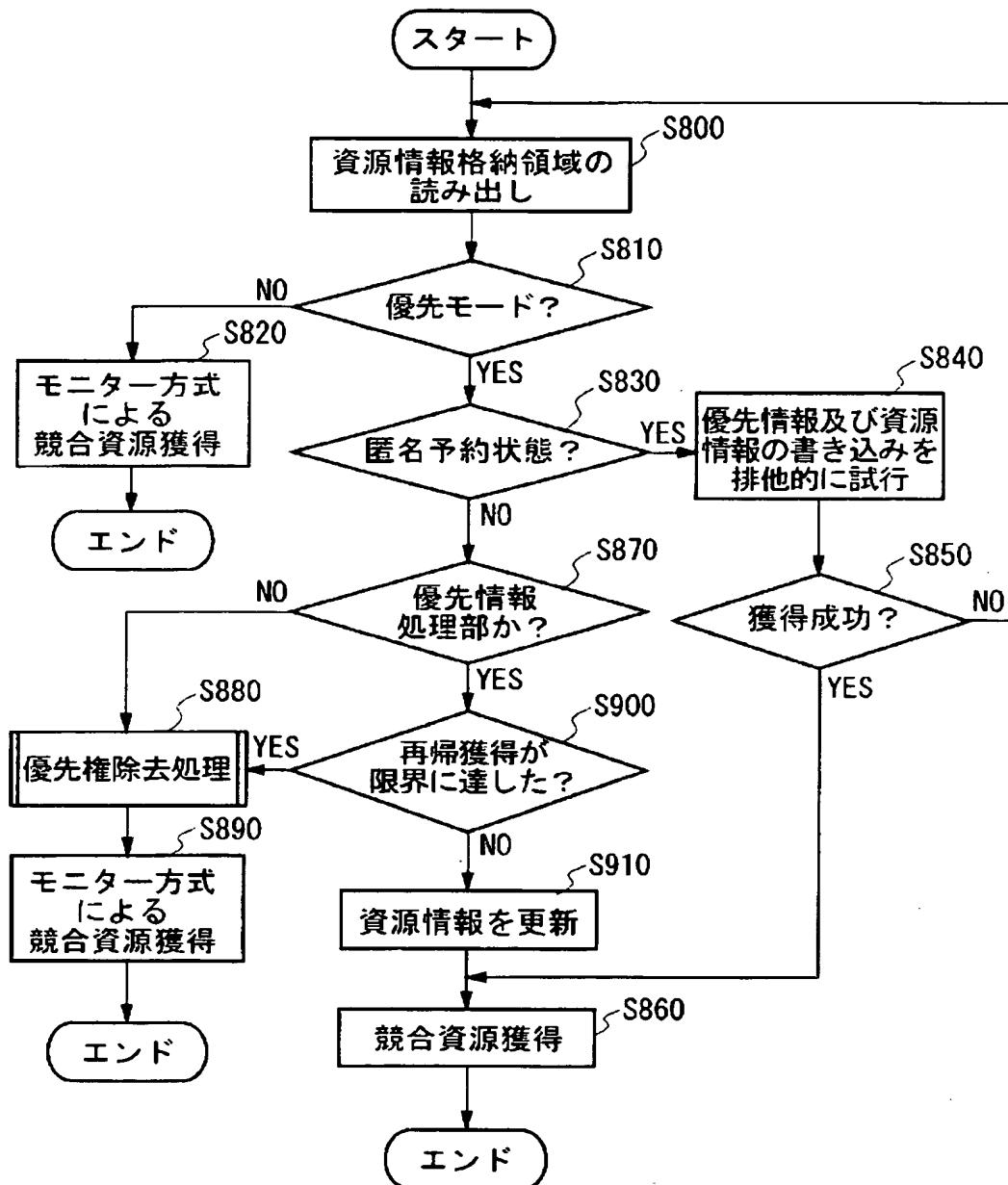
20



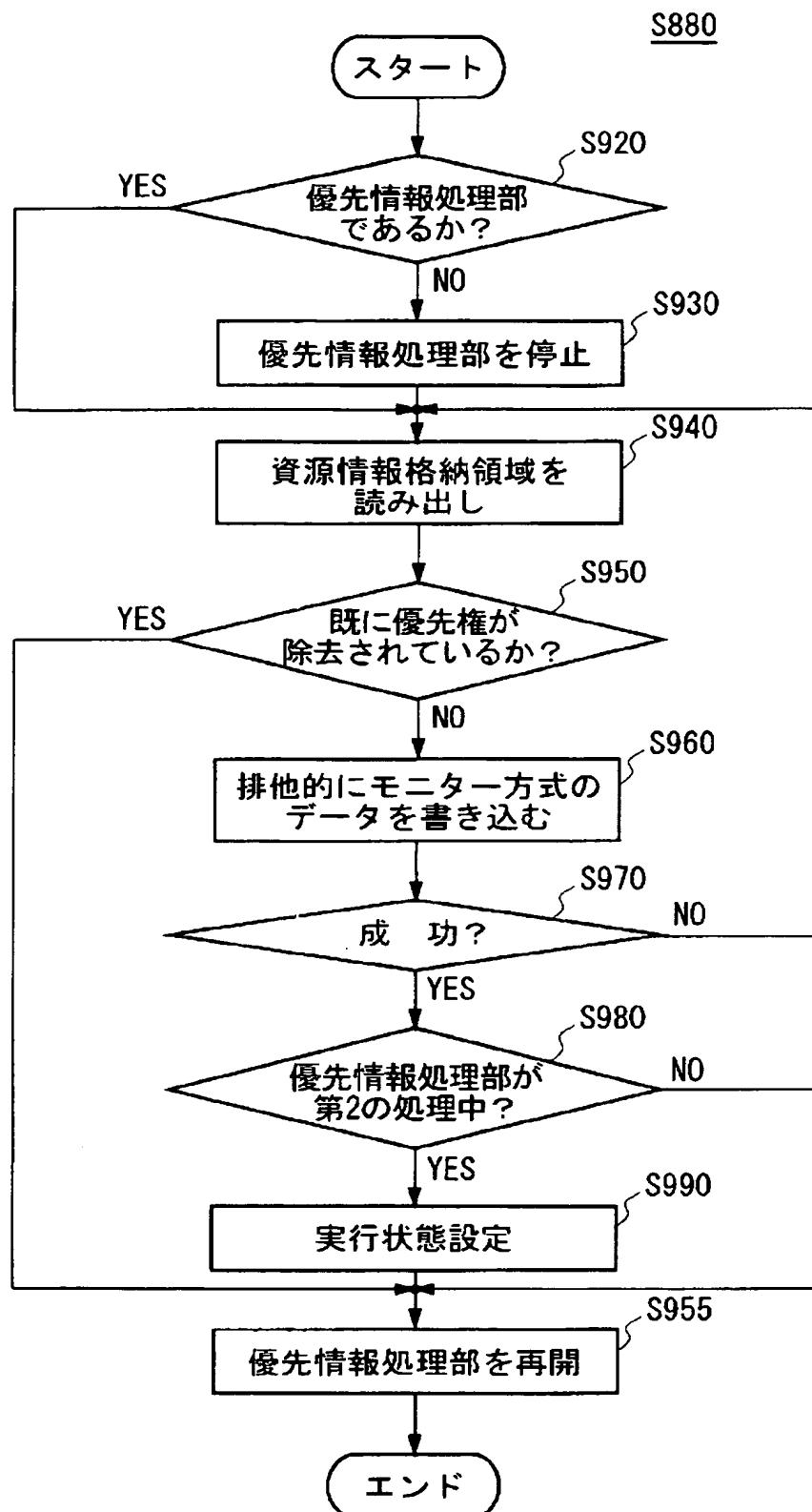
【図11】



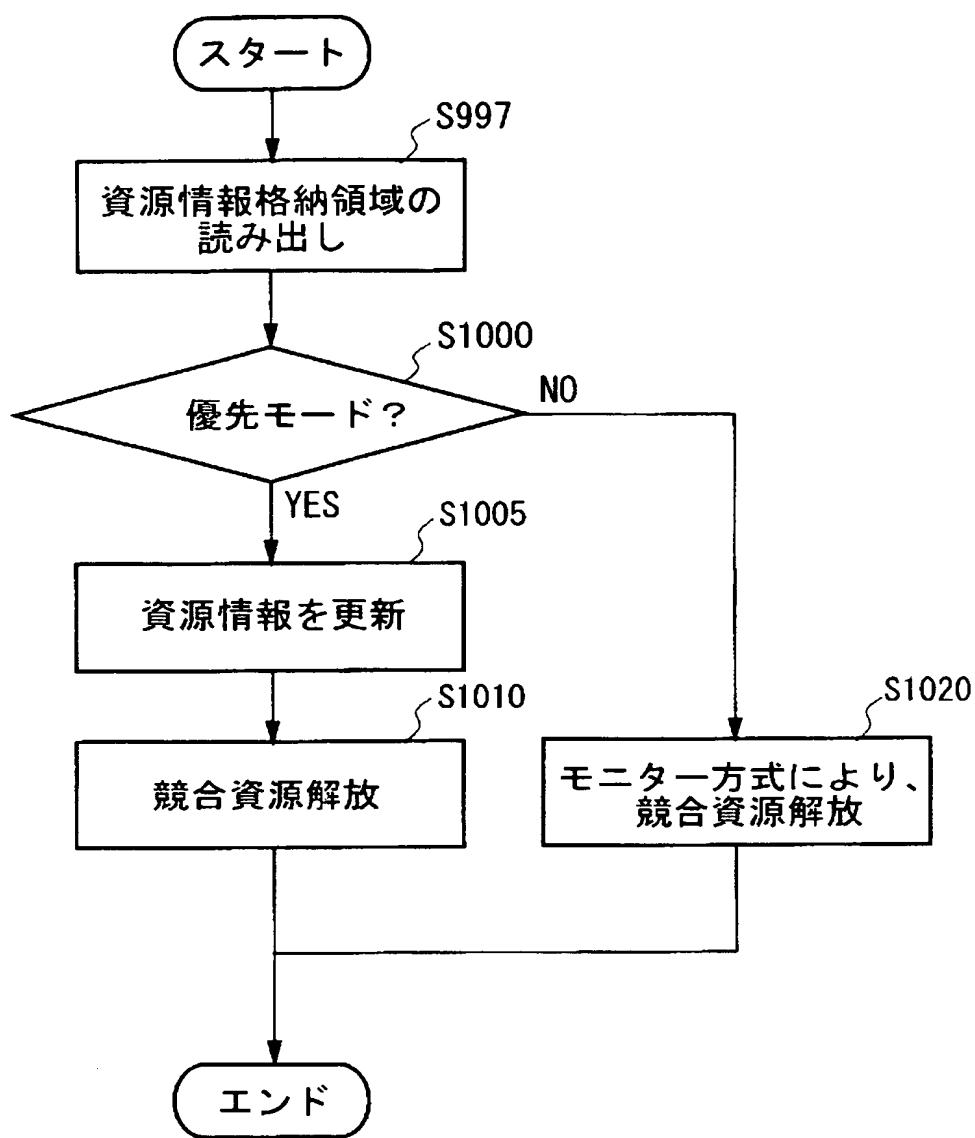
【図12】



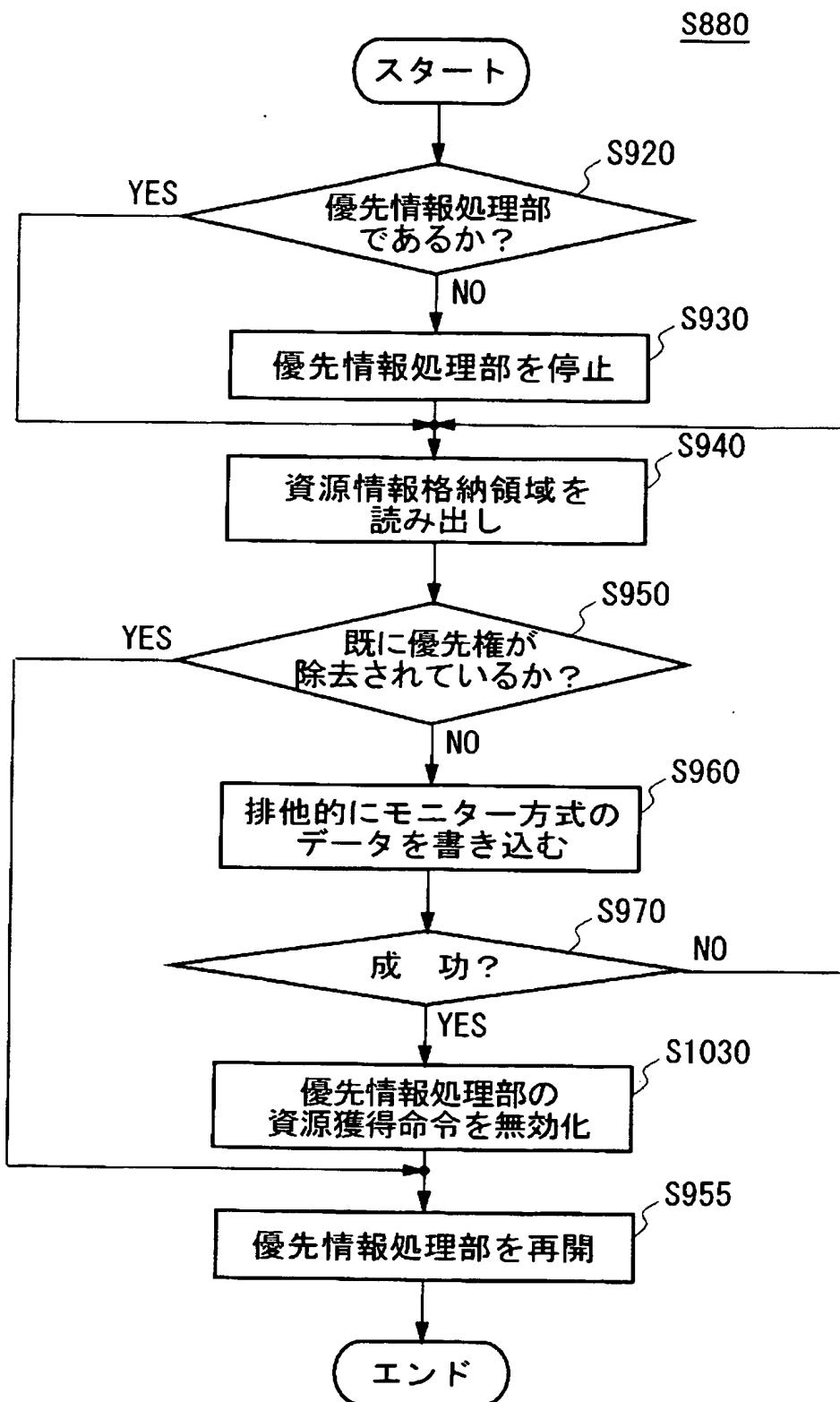
【図13】



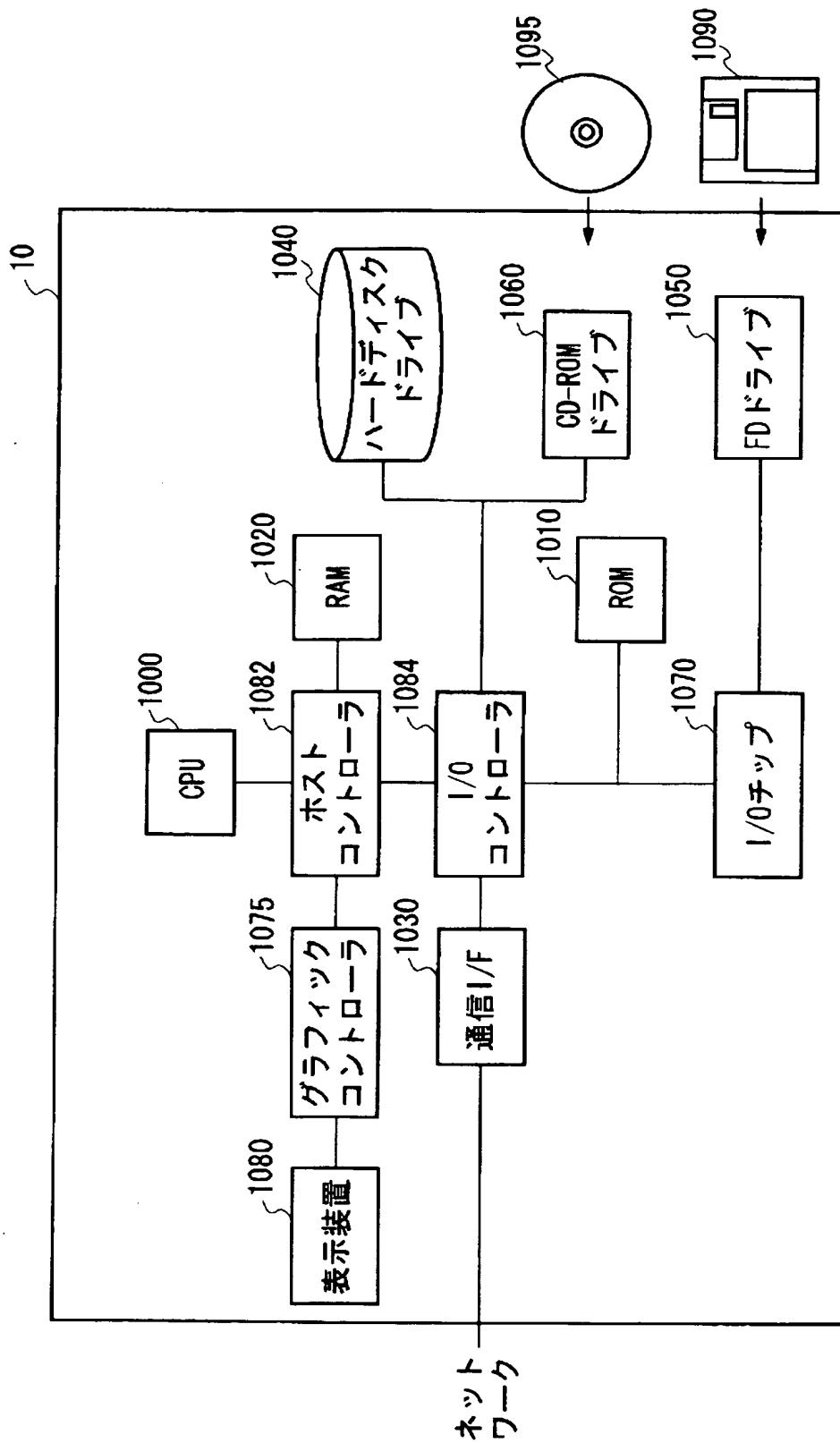
【図14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特定の情報処理部のみが頻繁に競合資源の獲得及び解放を行う場合に、競合資源の獲得の排他性を保証しつつ、競合資源の獲得を高速化する。

【解決手段】 情報処理部に、他の情報処理部と排他的に競合資源を獲得させる排他制御装置10は、競合資源50を獲得する候補を示す非優先排他権を、第1の処理により互いに排他的に獲得する複数の非優先情報処理部160と、非優先排他権を獲得した非優先情報処理部160との間で、第1の処理より処理時間が短い第2の処理により、競合資源50を排他的に獲得する優先情報処理部150とを備える

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-319006
受付番号	50201653934
書類名	特許願
担当官	土井 恵子 4264
作成日	平成 14 年 11 月 5 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	390009531
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
【氏名又は名称】	

## 【代理人】

【識別番号】	100086243
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内 坂口 博
【氏名又は名称】	

## 【代理人】

【識別番号】	100091568
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内 市位 嘉宏
【氏名又は名称】	

## 【代理人】

【識別番号】	100108501
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 知的所有権 上野 剛史
【氏名又は名称】	

## 【復代理人】

【識別番号】	100104156
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿 1 丁目 24 番 12 号 東信ビル 6 階 龍華国際特許事務所
【氏名又は名称】	龍華 明裕

次頁無

特願2002-319006

出願人履歴情報

識別番号 [390009531]

1. 変更年月日 2000年 5月16日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)  
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

2. 変更年月日 2002年 6月 3日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード  
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション